



Marcelo Ezequiel Sampaio dos Santos

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Análise do efeito de distúrbios numa cadeia de
abastecimento automóvel, com recurso a um modelo
de simulação**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof. Doutora Isabel Lopes Nunes

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Virgílio António Cruz Machado

Arguente: Prof. Doutora Maria Rita Sarmento de Almeida Ribeiro

Vogal: Prof. Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Dezembro de 2011

Análise do efeito de distúrbios numa cadeia de abastecimento automóvel, com recurso a um modelo de simulação.

Copyright:

Marcelo Ezequiel Sampaio dos Santos, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Dedicatória e Agradecimentos

A presente dissertação é dedicada a todas as pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste trabalho, nomeadamente:

- Aos meus pais, pela constante transmissão de motivação e empenho em realizar o trabalho e por serem um exemplo a seguir;
- À minha namorada – Marta Cruz – pelo apoio incondicional e pelos períodos temporais em que não pude estar presente da forma mais adequada;
- Ao meu irmão, pelos bons momentos de descompressão vividos;
- À minha orientadora – Professora Isabel L. Nunes – por nunca ter desistido e me ter dado motivação para realizar o trabalho e pela disponibilidade mostrada ao longo de todo o processo;
- Aos colegas do laboratório de Engenharia Industrial, nomeadamente à Sara Figueira, pela ajuda em questões diversas relacionadas com o trabalho;
- À Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia, pela oportunidade de realizar este trabalho, através do acesso ao laboratório de Engenharia Industrial;

Agradeço a todas as pessoas e entidades acima referidas, amigos e familiares que sempre me transmitiram um grande apoio e sempre estiveram presentes em alturas que por vezes não estava presente.

Resumo

Actualmente, as organizações têm o desafio constante de responder às necessidades dos clientes de uma forma eficaz. A globalização e o aumento da concorrência são factores cruciais que as organizações têm de ter presente nas suas práticas empresariais. Desta forma, as cadeias de abastecimento, como conjunto de organizações, enfrentam vários tipos de ameaça que podem condicionar a sua performance. O estudo destas ameaças e possíveis modos de eliminar / minimizar o efeito provocado pelas mesmas deve ser uma temática presente em qualquer CA actual. Desse modo, a presente dissertação, propõe o estudo de diversos tipos de ameaças, através da caracterização e contextualização dos diferentes tipos de distúrbios. Possíveis estratégias de minimização do efeito provocado pelos distúrbios e modo de inserção nas CA também serão alvo de estudo e análise. Será ainda incorporada a lógica difusa, de forma a perceber, de que forma a subjectividade inerente à caracterização dos factores pode influenciar o modo de funcionamento das entidades participantes da CA. O suporte de análise assenta num modelo de simulação desenvolvido previamente, que pretende retratar o modo de funcionamento de uma CA automóvel a operar em Portugal.

Palavras-chave: Cadeia de abastecimento, distúrbio, lógica difusa, modelo de simulação, planos de mitigação e contingência, risco

Abstract

Nowadays, all-world organizations must face the continuous and increased demand customer's challenges. Globalization and competitors increase market are key factors to keep in organization's mind. Supply chains, as a cluster of organizations, face real challenges that may break its performance. The study of this threats and possible ways of elimination / reduction must be a concern of the modern SC managers. The present dissertation, proposes the study of this kind of threats, namely, disturbances, by characterize and contextualize it. Possible effect minimization strategies and supply chain's implementation are also subject of analysis. The fuzzy logic, subjectivity component of the SC working environment, is analyzed and introduced in the proposed study. The support analysis of the study is a simulation model, previously developed, of a Portugal's automotive SC.

Keywords: Disturbance, fuzzy logic, mitigation and contingency planning, risk, simulation model, supply chain

Índice de Matérias

1. Introdução	1
2. Estado da Arte	5
2.1 Cadeia de Abastecimento	5
2.2 Resiliência	8
2.3 Risco	10
2.4 Distúrbio	12
2.5 Estratégias de minimização do risco / distúrbio	19
2.6 Lógica difusa	25
2.7 Indicadores de desempenho	30
3. Modelo de Simulação da CA	33
3.1 Caracterização da CA	33
3.2 Modelação ARENA	42
3.3 Modelação Difusa	51
3.4 Caracterização Casos de Estudo	53
4. Análise de Resultados	55
4.1 Cenário base	55
4.2 Caso de estudo 1	58
4.2.1 Cenário 1	59
4.2.2 Cenário 2	65
4.3 Caso de estudo 2	72
4.3.1. Cenário 3	72
4.4 Caso de estudo 3	75
4.4.1 Cenário 4	76
4.4.2 Cenário 5	80
4.5 Caso de estudo 4	89
4.5.1 Cenário 6	90
5. Conclusões	95
Bibliografia	99

Anexos	105
--------------	-----

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Conceitos relacionais entre os casos de estudo e a CA automóvel	2
Figura 1.2 – Estrutura simplificada da organização da dissertação	4
Figura 2.1 – Esquema representativo de uma CA, do ponto de vista de um produtor genérico ..	5
Figura 2.2 – Factores que permitem a criação de uma CA resiliente.....	8
Figura 2.3 – Relação entre tipos de risco e localização de entidades numa CA	10
Figura 2.4 – Processo de gestão de risco e mitigação numa CA.....	12
Figura 2.5 – Modelo conceptual que relaciona as incertezas endógena e exógena.....	16
Figura 2.6 – Análise de distúrbios.....	17
Figura 2.7 – Causas de distúrbio ao nível do fornecimento	17
Figura 2.8 – <i>Framework</i> de selecção e gestão de fornecedores	19
Figura 2.9 – Representação esquemática de um conjunto difuso	27
Figura 2.10 – Representação gráfica de funções de pertença de um conjunto difuso contínuo: (a) π ou trapezoidal, (b) Gaussiana, (c) triangular, (d) quadrática-Z e (e) quadrática-S	28
Figura 2.11 – Estrutura hierárquica da variável linguística <i>idade</i>	29
Figura 2.12 – Representação gráfica de uma variável linguística (aceitabilidade) através de termos pertencentes a um conjunto difuso contínuo	30
Figura 3.1 – Localização dos tipos de participantes constituintes da CA	33
Figura 3.2 – Esquema representativo da CA considerada nos casos de estudo.....	34
Figura 3.3 – <i>Bill Of Materials</i> considerada na CA.....	34
Figura 3.4 – Diagrama representativo da modelação do distúrbio com recurso ao <i>software</i> ARENA	42
Figura 3.5 – <i>Layout</i> do distúrbio ao nível do recurso entrega do fornecedor 2.....	43
Figura 3.6 – Programação do decisor relativo à existência ou não do distúrbio no modelo de simulação	44
Figura 3.7 – Programação do tempo do efeito do distúrbio no modelo de simulação	45
Figura 3.8 – Programação do início e fim da injeção do distúrbio no modelo de simulação	45
Figura 3.9 – Programação do início da injeção do distúrbio no modelo de simulação.....	46
Figura 3.10 – Programação do fim da injeção do distúrbio no modelo de simulação	46
Figura 3.11 – <i>Layout</i> do plano de mitigação ao nível do recurso entrega do fornecedor 2.....	47
Figura 3.12 - Programação do decisor relativo à activação ou não do plano de mitigação no modelo de simulação	48
Figura 3.13 - Programação do tempo de duração do efeito do plano de mitigação no modelo de simulação	49
Figura 3.14 – Programação do início e fim da injeção do plano de mitigação no modelo de simulação	49
Figura 3.15 - Programação do início da injeção do plano de mitigação no modelo de simulação	50

Figura 3.16 - Programação do fim da injeção do plano de mitigação no modelo de simulação	51
Figura 3.17 – Representação de funções de pertença para conjuntos difusos das variáveis linguísticas <i>Normal</i> , <i>Muito Ligeira</i> , <i>Ligeira</i> , <i>Média</i> , <i>Grave</i> e <i>Muito Grave</i> associadas ao distúrbio em análise	52
Figura 4.1 - Percentagem de utilização do recurso alocado à entrega, do fornecedor 2 – cenário base (estocástico)	57
Figura 4.2 - Percentagem de cumprimento da entrega na data devida, do produtor 2 – cenário base (estocástico)	57
Figura 4.3 – Esquema representativo do local onde ocorre a avaria de equipamento (D_1) e o plano de mitigação (M_1) (cenário 1)	58
Figura 4.4 - Esquema representativo do local onde ocorre a avaria de equipamento (D_1) e o plano de contingência (C_1) (cenário 2)	59
Figura 4.5 – Indicadores de desempenho do Fornecedor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)	60
Figura 4.6 – Indicadores de desempenho do Produtor 3: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)	62
Figura 4.7 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)	63
Figura 4.8 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção), (f) Custo total	66
Figura 4.9 – Indicadores de desempenho do Produtor 3: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção), (f) Custo total	69
Figura 4.10 – Esquema representativo do local onde ocorre a greve do pessoal (D_2)	72
Figura 4.11 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)	73
Figura 4.12 – Esquema representativo do local onde ocorre a avaria de equipamento (D_1), a greve do pessoal (D_2) e respectivos planos de mitigação (M_1) e (M_2) (Cenário 4 e 5)	76
Figura 4.13 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção)	77
Figura 4.14 – Indicadores de desempenho do Fornecedor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) Custo total	81

Figura 4.15 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção), (f) custo total.....	84
Figura 4.16 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) Custo total.....	88
Figura 4.17 - Esquema representativo do local onde ocorre o incêndio industrial (D_3) e o respectivo plano de mitigação (M_3) (Cenário 6)	89
Figura 4.18 – Indicadores de desempenho do Produtor 1: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) Custo total.....	91
Figura 4.19 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização dos recursos (produção), (f) Custo total...	93
Figura 4.20 – Indicador de desempenho do Produtor 3 - Custo total.....	94

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Relação entre tipos de risco (categorizados) e respectivos factores caracterizadores (distúrbios)	13
Tabela 2.2 – Impacto de diversas medidas de mitigação ao nível do risco.....	21
Tabela 2.3 – Riscos e respectivas estratégias de mitigação	23
Tabela 2.4 – Relação entre algumas contra medidas e custos.....	25
Tabela 2.5 – Relação entre os indicadores de desempenho utilizados no modelo de simulação e as diversas actividades constituintes da CA	31
Tabela 3.1 – Descrição das actividades de planeamento utilizadas no modelo de simulação...	35
Tabela 3.2 – Relação entre os recursos humanos e máquinas e os diferentes processos envolvidos no modelo de simulação	36
Tabela 3.3 – Descrição dos tipos de fluxo de informação considerados no modelo de simulação	37
Tabela 3.4 – <i>Inputs</i> do modelo de simulação e suas características	38
Tabela 3.5 – Relação entre o tempo de produção e a gravidade da avaria do equipamento em utilização.....	52
Tabela 3.6 – Caracterização dos casos de estudo considerados na presente dissertação (Parte 1)	53
Tabela 3.7 – Caracterização dos casos de estudo considerados na presente dissertação (Parte 2)	54
Tabela 4.1 – Desempenho de alguns indicadores de desempenho das entidades da CA (cenário base).....	56

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

CA: Cadeia de Abastecimento

LD: Lógica Difusa

1. Introdução

A presente dissertação insere-se no âmbito do estudo do impacto que diferentes tipos de distúrbios possuem numa cadeia de abastecimento (CA), nomeadamente na cadeia de abastecimento da indústria automóvel. Nos últimos anos assistiu-se a uma revolução das práticas relacionadas com gestão de cadeias de abastecimento, nomeadamente através do aparecimento de novas filosofias produtivas cujo objectivo é maximizar o lucro gerado, através do mínimo desperdício de recursos e matéria-prima possível, e cumprindo com as crescentes exigências dos clientes, do ponto de vista do nível de serviço prestado.

A gestão das CA é uma temática importante, na medida em que o controlo e planeamento das diferentes actividades e custos, são imprescindíveis para o sucesso de uma organização moderna. A CA automóvel, tal como outras CA, apresentam vulnerabilidades face à ocorrência de distúrbios. Os distúrbios, devido à sua natureza variável e imprevisível, afectam as CA de múltiplas maneiras. A habilidade que as organizações possuem em prevenir a ocorrência desses distúrbios ou reduzir os efeitos provocados pelos mesmos assume uma importância acrescida no mundo actual. É imperativo que qualquer organização moderna possua mecanismos de detecção, prevenção e minimização de ocorrências, de forma a se tornarem resilientes. A interdependência das entidades constituintes de uma CA nunca foi tão elevada, e a globalização dos mercados acentua a necessidade de estudar o efeito provocado pelos diversos distúrbios que podem interferir no sucesso de uma organização.

O impacto de diversos distúrbios será medido através de indicadores de performance. Existem diversos indicadores, pelo que serão seleccionados aqueles que se adequam mais ao contexto do estudo e que permitam retirar conclusões importantes relativamente a níveis de serviço, *lead time*, e percentagem de utilização dos recursos existentes.

No caso concreto da presente dissertação, o estudo incidirá sobre a CA afecta a uma indústria automóvel a operar no continente português. Será analisada apenas uma parte da CA, que pela sua complexidade, torna difícil a sua análise global. A “sub-parte” da CA considerada terá como intervenientes três produtores intermédios, dois fornecedores e um cliente final. A introdução de distúrbios nestas entidades permitirá visualizar o seu comportamento e o impacto dos distúrbios nas diversas entidades. A análise dos distúrbios será efectuada através do recurso a casos de estudo. Cada caso de estudo é caracterizado por um determinado distúrbio ou conjunto de distúrbios. Eventuais planos de mitigação e / ou contingência também serão alvo de análise. As diversas entidades referidas serão incluídas nos casos de estudo e serão apresentadas conclusões para cada cenário constituinte dos casos de estudo. Na Figura 1.1 é apresentado o diagrama dos diversos

casos de estudo considerados na presente dissertação, e a sua relação e enquadramento com a CA automóvel considerada.

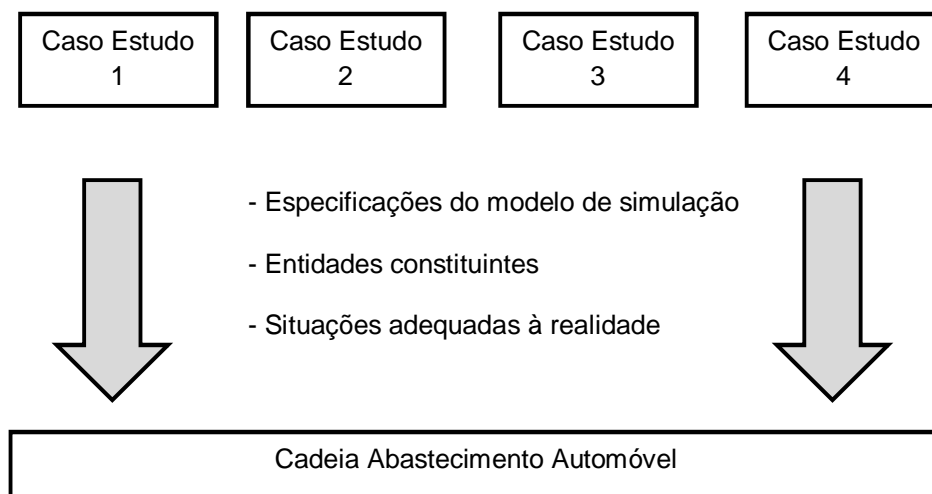


Figura 1.1 – Conceitos relacionais entre os casos de estudo e a CA automóvel

Cada caso de estudo seleccionado para análise é genérico do ponto de vista conceptual, ou seja, os casos de estudo são exemplos de situações que podem ocorrer no quotidiano da CA analisada. Será identificado e seleccionado um ou mais distúrbios para análise e respectivos planos de mitigação e / ou contingência. A selecção e inclusão dos diversos actores (distúrbios e planos de mitigação / contingência) serão diferenciadas através de diversos cenários propostos.

A presente dissertação possui alguns objectivos, dentre os quais se destacam o objectivo de visualizar o efeito provocado por diferentes tipos de distúrbio, nos diversos membros constituintes da CA, analisar os indicadores de desempenho que medem a performance operacional de cada membro da CA e propor acções correctivas que permitam minimizar o impacto obtido pela acção dos distúrbios, a partir da introdução de planos de mitigação e/ou contingência.

A temática relacionada com os distúrbios não está muito explorada, sendo que não existe um consenso entre os diversos autores que estudam o tema, relativamente à uniformização da classificação adoptada. Desta forma, a presente dissertação pretende responder a essa falta de homogeneidade, propondo para isso uma classificação simples e genérica, que permita a identificação do distúrbio e o seu enquadramento. Essa classificação é baseada na percepção obtida através de estudos prévios elaborados por diversos autores.

Um dos principais objectivos da presente dissertação é o de constituir um estudo preliminar que permita originar variáveis de análise à capacidade da resiliência de uma determinada organização. A resiliência é um conceito difícil de aferir com exactidão. Os distúrbios estão directamente relacionados com a resiliência de uma organização, pelo que o estudo do impacto de diversos distúrbios e respectivos planos de mitigação constitui uma base de raciocínio para posteriores análises relacionadas com formas de medir a resiliência de uma forma mais precisa.

A metodologia desenvolvida na presente dissertação está dividida em três fases. Na primeira fase é efectuado o levantamento da informação existente relativa à temática abordada, e selecção da forma como irá ser conduzido o estudo: escolha de método de simulação a utilizar, rede da CA a analisar e parâmetros a modelar. Nesse sentido, o trabalho realizado por Carvalho (2004) constitui uma excelente base de raciocínio, pois o modelo de simulação da CA automóvel foi previamente desenvolvido, sendo que terá que se parametrizar diversas variáveis, de forma a retratar a situação pretendida. A segunda fase assenta na parametrização do modelo de simulação, com o objectivo de adequar o estudo pretendido ao contexto do modelo existente. A verificação do desempenho dos indicadores de desempenho e a sua aproximação às situações verificadas na realidade também são alvo de intervenção nesta fase. A terceira fase incide sobre a realização de simulações, inseridas em diversos casos de estudo elaborados, com o objectivo de verificar o impacto dos diversos distúrbios incluídos em cada cenário e respectivas conclusões a retirar.

O software seleccionado para a realização da modelação foi o software de simulação ARENA. O facto do modelo de simulação existente previamente estar assente nesta plataforma, aliado ao facto de ser um software que permite a adequação às diversas situações verificadas na realidade, constituiu uma escolha óbvia. Foram analisados diversos modelos de simulação com o objectivo de verificar qual se aproximaria mais à realidade. A variabilidade do modelo foi testada do ponto de vista determinístico e estocástico. Existem vantagens e desvantagens em utilizar uma ou outra “versão”, as quais se passa a enunciar:

Modelo determinístico – do ponto de vista de análise é mais simplista, pelo que a análise efectuada não é tão complexa. As situações reais não são, contudo, representadas com exactidão, possuindo uma elevada margem de erro, relativamente às conclusões a retirar.

Modelo estocástico – do ponto de vista de análise é mais rigoroso e complexo. Possui a vantagem de retratar mais fielmente a realidade que se pretende transpor, no entanto, existe variabilidade associada aos processos, pelo que a análise ao impacto dos distúrbios e planos de mitigação / contingência torna-se mais difícil, já que, terá que se diferenciar o que é distúrbio e o que é variabilidade do processo ao nível da análise dos indicadores de desempenho.

Desta forma, optou-se por realizar simulações de carácter misto (determinísticas e estocásticas) com o objectivo de tentar cobrir a maior gama de cenários possíveis. Contudo, existirão muitas mais situações que poderão ser alvo de análise e modelação.

Uma temática introduzida, e amplamente referida e debatida por Nunes (2003) é a lógica difusa. A classificação de um determinado distúrbio de acordo com os princípios inerentes à lógica difusa é um dos objectivos e conceito introduzido na presente dissertação. Desta forma, articulou-se a lógica difusa à classificação de um distúrbio em termos de gravidade de ocorrência, introduzindo-o posteriormente no modelo de simulação, com o objectivo de verificar o desempenho dos indicadores de desempenho.

O modelo de simulação assenta na premissa de que os *inputs* são constituídos pelo tempo de duração do distúrbio e / ou plano de mitigação, e os *outputs* são o comportamento dos indicadores de desempenho ao longo do tempo.

A estrutura da presente dissertação é composta por cinco capítulos. O primeiro capítulo é referente à introdução, enquadramento e objectivos. No segundo capítulo será efectuado o estado da arte relativo ao tema em questão. Serão abordadas as temáticas relativas à gestão das CA, resiliência, gestão do risco e distúrbios, estratégias de mitigação e contingência, lógica difusa e indicadores de desempenho.

O terceiro capítulo incidirá sobre os pressupostos utilizados no modelo de simulação, nomeadamente através da definição e parametrização das entidades constituintes da CA, assim como do modelo de simulação e a adequação das diversas temáticas (lógica difusa, variabilidade de processos) ao próprio modelo.

O quarto capítulo refere-se ao estudo prático da análise dos indicadores de desempenho, através da desagregação em casos de estudo constituídos por cenários diferenciados de acordo com a parametrização realizada no terceiro capítulo e conclusões intermédias.

O quinto capítulo contém as conclusões gerais do trabalho desenvolvido.

A estrutura simplificada da presente dissertação é apresentada na Figura 1.2.

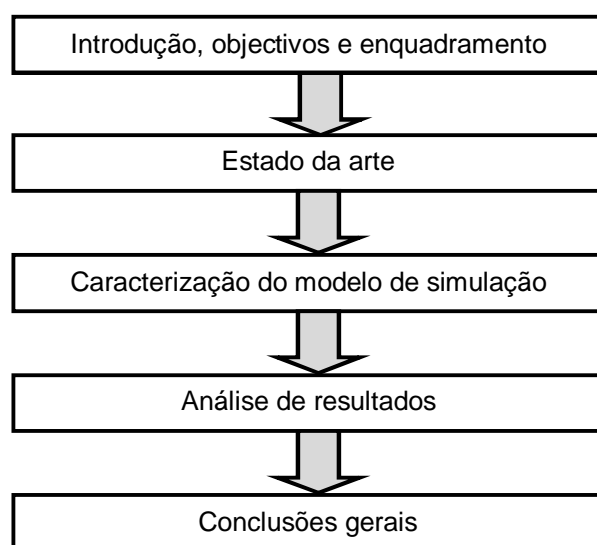


Figura 1.2 – Estrutura simplificada da organização da dissertação

2. Estado da Arte

2.1 Cadeia de Abastecimento

Christopher e Peck (2004) definem uma cadeia de abastecimento como uma rede de organizações que estão envolvidas nos diferentes processos e actividades que produzem valor sob a forma de produtos e serviços.

O termo “cadeia de abastecimento” surge no início da década de 1980, como descrição de uma disciplina de gestão emergente – das actividades de logística (transporte, armazenagem e distribuição) e produção. Mais tarde foram adicionados os elementos correspondentes às compras, gestão de stocks e encomendas, planeamento e controlo da produção e nível de serviço prestado ao cliente (Christopher e Peck, 2004).

Segundo Christopher e Peck (2004), as CA, quando funcionam de uma forma efectiva e eficiente, permitem a produção e entrega de bens nas quantidades correctas, no sítio certo, no período exacto e a um custo justo para todos os intervenientes.

O Conselho da Gestão Logística define uma CA como uma coordenação sistemática e estratégica entre as funções primárias de negócio, dentro de uma organização, e o respectivo processo negocial com os fornecedores, de forma a melhorar a *performance* das organizações, bem como da respectiva cadeia, para que as respectivas entidades actuem como um bloco empresarial uniforme (Li *et al.*, 2006).

Para Craighead *et al.* (2007), a CA é o conjunto de diversas entidades que partilham fluxos de materiais e informação. As entidades envolvidas na CA realizam operações de logística, e conversão de matéria-prima em produtos, com o objectivo de entregar a quantidade certa, sob a forma correcta ao cliente final. A CA típica, sob a óptica de um produtor genérico, é apresentada na Figura 2.1.

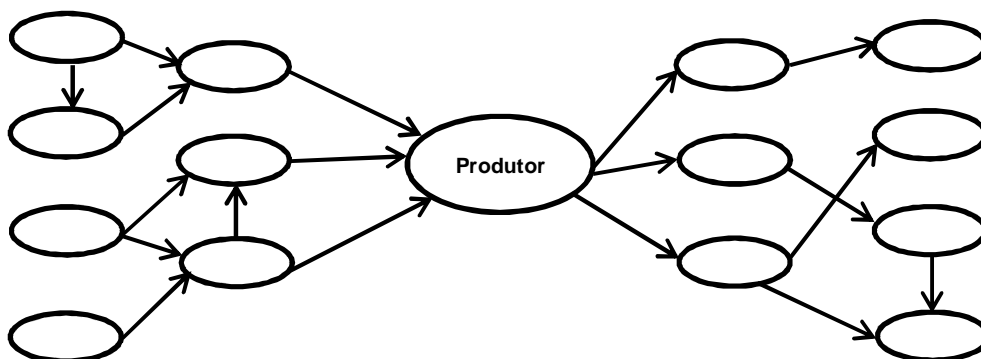


Figura 2.1– Esquema representativo de uma CA, do ponto de vista de um produtor genérico (adaptado de Craighead et al., 2007)

Uma CA pode ser definida como um conjunto de organizações interdependentes que actuam, com o objectivo de controlar, gerir e melhorar o fluxo de materiais, produtos, serviços e informação, desde o ponto de partida até ao ponto de entrega (coincidente com o cliente final). O objectivo comum será satisfazer os requisitos do cliente final, implicando os menores custos possíveis a todos os intervenientes (Carvalho e Machado, 2007).

Uma CA é caracterizada através dos processos que, directa ou indirectamente, permitem cumprir os requisitos de um determinado cliente final. O objectivo de qualquer cadeia de abastecimento é maximizar o valor criado através dos seus processos, ou seja, rentabilizar a diferença entre o valor que o produto final tem para o cliente e os custos associados a todos os mecanismos operacionais que permitem obter o produto em questão (Mahnam *et al.*, 2008).

Durante os anos 90, assiste-se a um desenvolvimento bastante acentuado na área da gestão de abastecimento, tornando-se esta área numa disciplina académica de elevado interesse. Uma gestão de abastecimento eficiente e efectiva origina melhorias directas (redução de custos) para os produtores, e indirectas (melhorias na performance de entrega e aquisição de nova tecnologia) para os fornecedores. O ambiente económico do final dos anos 80 e início dos anos 90 obriga as empresas a adoptarem técnicas de produção mais expeditas, de forma a se tornarem mais competitivas, pois a zona de acção (a nível de mercado) torna-se mais global e competitiva. O facto destas novas técnicas articularem os requisitos do cliente final com a capacidade dos fornecedores origina a revolução *lean* durante os anos 90. Mais tarde, nos anos 2000 assiste-se à personalização em massa e à modularização, técnicas vocacionadas para otimizar os recursos existentes, ao menor custo, com o objectivo de cumprir os requisitos estabelecidos pelo cliente. A gestão eficaz de todos os processos operacionais e financeiros permite obter uma CA eficiente do ponto de vista operacional e financeiro. Actualmente, as organizações pretendem otimizar o modo a partir do qual as suas cadeias se inter-relacionam, de forma a reduzir custos e tempos de ciclo, ao mesmo tempo que cultivam a inovação de novos produtos e serviços (Cousins e Monguc, 2006).

A personalização em massa, conceito introduzido por Davis (1987) e desenvolvido por Pine (1993) e Piller *et al.* (2004) é um bom exemplo da nova cultura organizacional que se pretende implementar. Já é possível a um cliente personalizar um produto à sua medida e efectuar a encomenda, tendo a garantia da parte da organização produtora de que o produto cumpre as suas especificações únicas, dentro de um período temporal bastante reduzido. Desta forma, é imperativo que as organizações possuam uma adequada estrutura organizacional para que a resposta da cadeia de abastecimento seja rápida e eficaz, sempre com o cuidado de cumprir os requisitos do cliente. A comunicação com os fornecedores é uma peça chave no cumprimento destas especificações. Esta comunicação deve ser rápida e concisa, para que os fornecedores sejam encarados como um parceiro estratégico e não como um rival competitivo. Como Cousins e Menguc (2006) referem: *“Estas parcerias obrigam as organizações a encarar os fornecedores como um colaborador e não como um inimigo, ou de outra forma, como uma capacidade e não como um custo associado”*.

A gestão da CA tem sido fortemente debatida na comunidade científica internacional, através de várias vertentes subjacentes ao tema. Vários autores têm discutido a aproximação multidisciplinar necessária para um bom funcionamento de uma CA. Dentre esses autores destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Mentzer *et al.* (2001) na área do *marketing*, Mabert e Venkataramanan (1998) na gestão de operações, Aviv (2001) na gestão da ciência, Giunipero e Brand (1996) nas compras e Ellinger e Keller (2002) na logística. Este estudo multidisciplinar é importante pois permite verificar a interdependência entre as várias áreas funcionais características duma CA. Através deste estudo, surge a necessidade de articular os conceitos relativos à gestão estratégica com as áreas de acção da CA, de forma a melhorar todas as áreas de acção associadas (Ketchen Jr. e Giunipero, 2004).

A gestão da CA reconhece de forma explícita a natureza estratégica da coordenação entre os parceiros transaccionais e explica o duplo objectivo que é o de melhorar a *performance* individual de uma organização, bem como melhorar a *performance* de toda a CA, tendo como limite a integração dos fluxos de informação e de material constituintes da CA, de forma a constituir uma ferramenta efectiva e competitiva (Li *et al.*, 2006).

A gestão da CA deve obedecer a requisitos essenciais que permitam o seu funcionamento eficaz. Estes requisitos incorporam todas as actividades relacionadas com o fluxo de materiais, produtos e informação que advêm desde o produtor até ao consumidor final. Este fluxo (de informação) inclui várias etapas que vão desde a compra e produção, passando pelo planeamento das capacidades inerentes ao sistema, gestão de operações e calendarização de actividades produtivas, até à fase de planeamento de distribuição e consequente transporte dos produtos. Os sistemas de armazenagem, procura associada às vendas planeadas e actividades de *marketing* também são parte importante de uma correcta gestão da CA. Devido ao facto de existirem múltiplas operações a considerar em todo o processo, onde existem diferentes estádios no sistema, podem ocorrer conflitos provocados por objectivos que não são comuns às diferentes etapas do processo. Torna-se vital a análise e a compreensão dos diferentes tópicos associados à CA, para que as decisões inerentes aos diferentes estádios sejam coerentes, conclusivas e não entrem em conflito com eventuais processos associados (Saad e Kadirkamanathan, 2006).

A gestão da CA inclui todas as operações relacionadas com dados, dinheiro e movimentação de produtos, ao longo das diferentes fases características de uma CA. A maximização das receitas assume-se como o objectivo a atingir, sendo que esse objectivo é transversal a todas as fases (produção, abastecimento, distribuição, retalho e cliente final) (Mahnam *et al.*, 2008).

A crescente exposição das CA a diferentes tipos de risco motivou o interesse pelo estudo da habilidade que as organizações possuem em reagir às diversas adversidades ocorridas. Desta forma surge o conceito de resiliência (Christopher e Peck, 2004).

2.2 Resiliência

Mitroff e Alpasan (2003) e Peck (2005) definem a resiliência de uma CA, como a habilidade para recuperar facilmente ou possuir capacidade de ajustamento face à adversidade ou à mudança. Christopher e Peck (2004) acrescentam que a resiliência é a habilidade que um sistema possui em retornar ao seu estado inicial ou alterar para um novo estado, mais desejável, após sofrer uma perturbação provocada pelo efeito de um distúrbio.

Ponomorov e Holcomb (2009) propõem uma definição mais abrangente para a resiliência de uma CA, nomeadamente, como a capacidade de adaptação da CA face à ocorrência de eventos inesperados, resposta a distúrbios, e recuperação dos mesmos, através da manutenção contínua das operações a um nível desejado de interligação e controle sobre a estrutura e respectivas funções.

Christopher e Peck (2004) propõem os seguintes quatro princípios que permitem a criação de uma CA resiliente: re(engenharia) da CA, colaboração entre os parceiros da CA, agilidade e mentalidade vocacionada para a gestão do risco. Estes princípios encontram-se representados na Figura 2.2.

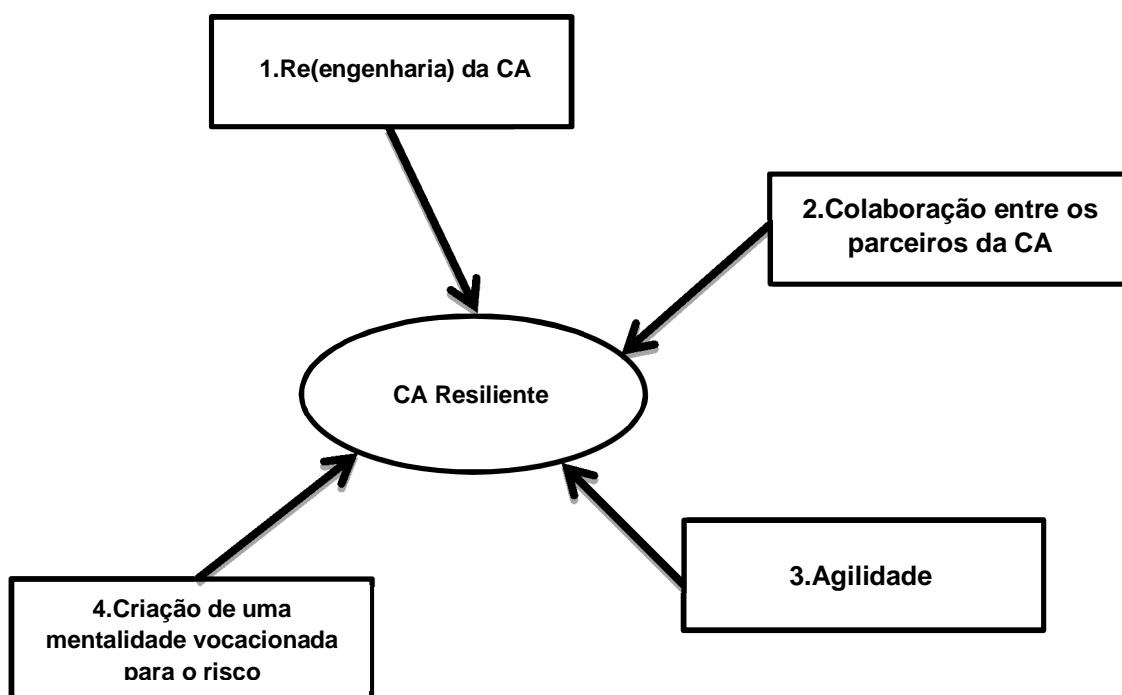


Figura 2.2 – Factores que permitem a criação de uma CA resiliente (adaptado de Christopher e Peck, 2004)

Christopher e Peck (2004) caracterizam cada princípio referido, da seguinte forma:

1. Re (engenharia) da CA

- a) **Compreensão da CA** – É importante compreender o modo de funcionamento de toda a cadeia. A análise do/s caminho/s crítico/s e o mapeamento do risco ajuda a

identificar os nós mais problemáticos. O registo de ocorrências também é importante para a compreensão do modo de funcionamento da cadeia.

b) Design da CA – A CA deve possuir uma estrutura de processos que permita obter eficiência e retornar mais-valia. Devem ser seleccionadas e adoptadas estratégias que permitam à organização possuir múltiplas opções em aberto face a diversas situações que possam ocorrer.

c) Base estratégica de fornecimento – Devem existir critérios e decisões acerca das diferentes opções de fornecimento.

2. Colaboração entre os parceiros da CA, nomeadamente através de planeamento colaborativo entre as entidades e conhecimento da CA.

3. Agilidade – A CA deve possuir visibilidade e velocidade de reacção.

4. Implementação de mentalidade vocacionada para a gestão do risco da CA – Devem ser estabelecidas equipas que se dediquem ao estudo dos potenciais riscos a que as CA estão sujeitas, devendo este estudo ser efectuado de uma forma contínua. Uma forte liderança e responsabilidade devem ser características que a organização deve possuir, assim como considerações relacionadas com o risco envolvido em tomadas de decisões.

A minimização dos custos associados a uma CA é obtida através da redução de actividades que podem ser consideradas redundantes, dentre as quais se podem incluir custos associados a inventários extra (a nível de material e tempo) e ainda custos imputáveis a baixa capacidade de utilização dos recursos, o que pode originar um decréscimo da resposta face à ocorrência de um distúrbio. As interdependências entre as organizações integradas numa CA também podem constituir um factor que motiva a vulnerabilidade das mesmas face à ocorrência de distúrbios (Azevedo *et al.*, 2008).

Os distúrbios propagam-se ao longo da CA, dificultando o cumprimento de prazos pré-estabelecidos com consequências negativas para as organizações, pois não cumprem os requisitos do cliente final. Se tal acontecer, pode ocorrer a descridibilização das empresas, insatisfação do cliente e prejuízos associados a todos os envolvidos. Torna-se, assim, vital a minimização dos efeitos provocados pelas rupturas (Carvalho e Machado, 2007).

A resiliência assume uma grande importância, pois o impacto negativo dos distúrbios afecta todas as entidades constituintes da CA, devido à dependência existente entre as mesmas. Desta forma, o efeito dos distúrbios, em organizações ou CA pouco resilientes, afecta o nível de serviço prestado ao cliente final (Christopher e Towill, 2000), (Norrman e Jansson, 2004), (Tang, 2006).

O conceito de risco confunde-se com o conceito de distúrbio. Muitos autores definem, caracterizam e analisam o conceito de risco inerente a uma CA como sendo um tipo de distúrbio ou uma fonte de distúrbio. É importante diferenciar e definir o que é risco e o que é distúrbio.

2.3 Risco

A literatura existente acerca da temática associada ao risco nos negócios e nas CA revela que existe diversa informação e diversas abordagens ao conceito de risco (Harland *et al.* e Hauser, 2003).

Mitchell (1995) sugere a ideia de que o risco contém diferentes tipos de perda, e que o risco de um tipo particular de perda é a combinação entre a probabilidade de ocorrência dessa perda e o impacto que essa perda provoca na organização.

Svensson (2000, 2002) considera que os riscos inerentes à CA são um fenómeno complexo que podem ser divididos em fontes e tipos de risco. Manuj e Mentzer (2008) complementam esta ideia, e caracterizam os distúrbios de uma CA como sendo fontes de risco.

Harland *et al.* (2003) definem o risco como a probabilidade de perigo, dano, perda, ou outras consequências indesejadas.

A classificação dos riscos pode ser baseada na sua probabilidade de ocorrência e no seu grau de importância (Hunter *et al.*, 2004). Hallikas *et al.* (2004) adicionam a esta classificação o impacto provocado pelo distúrbio.

Zeng *et al.* (2005) enquadram os riscos numa divisão baseada na sua origem, desde limitação de capacidade, passando por incompatibilidades tecnológicas, distúrbios no fornecimento, flutuações do valor da moeda e catástrofes. Existem contudo, inúmeras classificações adicionais e particulares, como seja o caso da classificação adoptada por Li *et al.* (2006) ou Chen e Paulraj (2004) que classificam subgrupos de riscos relativamente à incerteza associada aos clientes ou à procura, fornecedores e tecnologia.

Ritchie e Brindley (2007) consideram que existem riscos associados a diferentes áreas: estratégica, táctica e operacional.

Na Figura 2.3 é apresentada a relação entre os riscos inerentes a toda a horizontalidade da CA, desde o fornecedor ao cliente final.

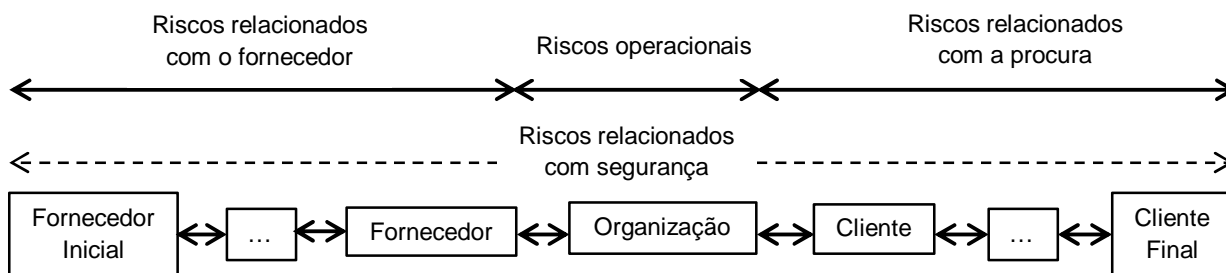


Figura 2.3 – Relação entre tipos de risco e localização de entidades numa CA (adaptado de Manuj e Mentzer, 2008)

De seguida explica-se em detalhe a relação entre os riscos e as entidades intervenientes na CA. Manuj e Mentzer (2008) propõem uma classificação de riscos segmentada em riscos quantitativos e riscos qualitativos. Os riscos quantitativos agrupam factores como a ruptura de *stock*, excesso de *stock*, produtos obsoletos e indisponibilidade de componentes ou materiais na CA. Os riscos qualitativos incluem falta de qualidade e fiabilidade dos componentes existentes na CA. Estes riscos advêm de diversas fontes. Os mesmos autores propõem a seguinte classificação de tipos de risco:

- Riscos do fornecedor;
- Riscos operacionais;
- Riscos relacionados com a procura;
- Riscos com segurança;
- Riscos de elevada amplitude;
- Riscos relacionados com políticas;
- Riscos competitivos;
- Riscos relacionados com recursos.

Cada tipo de risco enumerado possui diversas fontes associadas. As fontes de risco associado a cada tipo de risco são as seguintes:

- Riscos do fornecedor – Ruptura / falha no fornecimento, inventário, calendarização e tecnologia; escaladas do preço; questões relacionadas com a qualidade; incerteza tecnológica; complexidade dos produtos; frequência de alteração do *design* dos materiais.
- Riscos operacionais – Falha nas operações; capacidade produtiva inadequada; elevados níveis de variabilidade nos processos; mudanças tecnológicas.
- Riscos relacionados com a procura – Introdução de novos produtos; variações na procura (sazonalidade, introdução de novos produtos por parte dos concorrentes); efeito chicote.
- Riscos com segurança – segurança dos sistemas de informação; segurança das infra-estruturas; terrorismo; vandalismo; crime e sabotagem.
- Riscos relacionados com políticas – Acções governamentais, como restrições de quota de mercado ou sanções.
- Riscos competitivos – Falta de informação sobre actividades dos concorrentes.
- Riscos relacionados com recursos – Falha na elaboração do planeamento das necessidades materiais.

A gestão do risco é fundamental nas organizações actuais. Manuj e Mentzer (2008) propõem um sequenciamento de operações a realizar, de forma a proceder a uma gestão do risco eficiente. Esse conjunto de operações é apresentado na Figura 2.4.

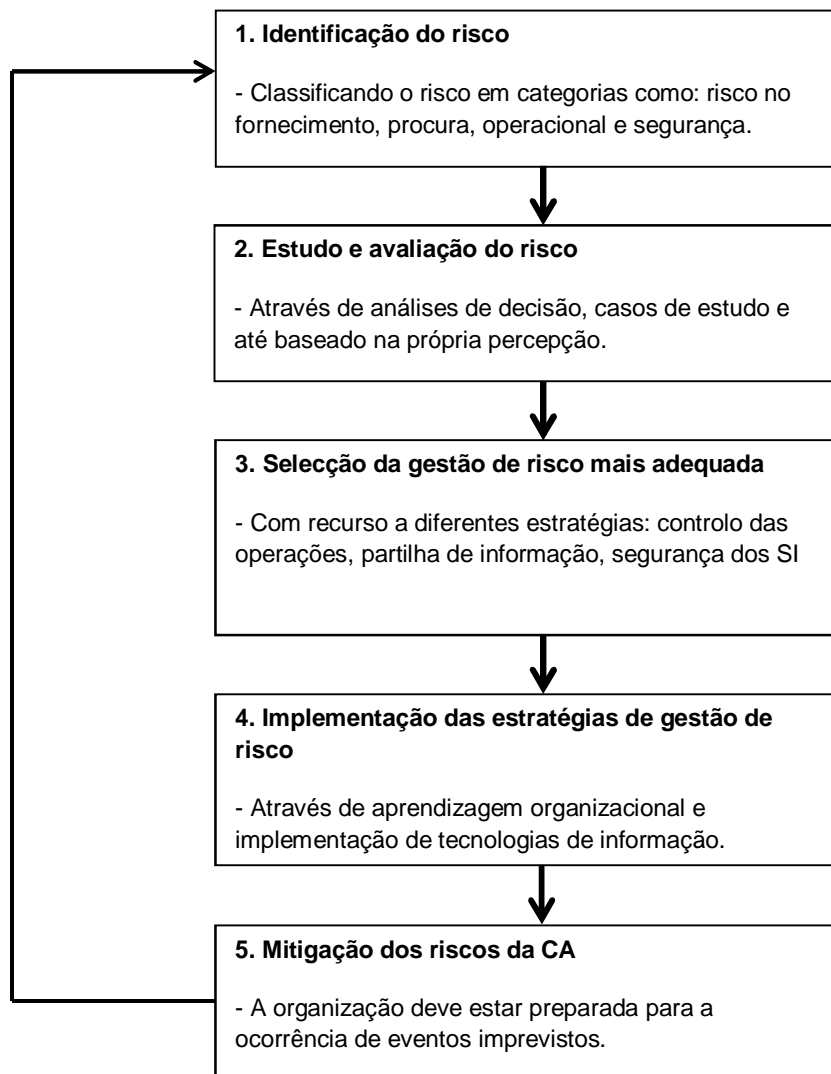


Figura 2.4 – Processo de gestão de risco e mitigação numa CA (adaptado de Manuj e Mentzer, 2008)

Como foi referido, os distúrbios podem ser analisados de uma perspectiva de concretização do risco existente.

2.4 Distúrbio

Como afirma Harland *et al.* (2003), a probabilidade de ocorrência de um evento depende, em parte, da exposição ao risco e da probabilidade da ocorrência de um **acontecimento que despolete a realização desse risco**.

O risco é caracterizado segundo vários tipos, tendo cada tipo de risco, factores caracterizadores do mesmo. Aos factores caracterizadores do risco dá-se o nome de distúrbio (Chopra e Sodhi, 2004).

Chopra e Sodhi (2004), agrupam diversos distúrbios (factores caracterizadores de risco) em categorias de risco que podem afectar as organizações. Essa categorização é apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Relação entre tipos de risco (categorizados) e respectivos factores caracterizadores (distúrbios) (adaptado de Chopra e Sodhi, 2004)

Categoria do risco	Factores caracterizadores do risco
Ruptura	<ul style="list-style-type: none"> - Desastres naturais; - Disputas laborais; - Insolvência do fornecedor; - Guerra e terrorismo; - Dependência de uma única fonte de fornecimento
Atraso	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada capacidade de utilização na fonte de fornecimento; - Rigidez / pouca flexibilidade da fonte de fornecimento; - Fraca qualidade da fonte de fornecimento; - Transporte excessivo de bens devido a passagens de fronteira ou mudanças no modo de transporte.
Sistemas de apoio	<ul style="list-style-type: none"> - Avaria da infra-estrutura de suporte de informação; - Integração de sistemas ou extensa rede de sistemas; - <i>E-commerce</i>.
Previsão	<ul style="list-style-type: none"> - Previsões imprecisas devido a: prazos de entrega longos, sazonalidade, variabilidade do produto ou reduzido tempo de vida dos produtos; - Efeito-chicote devido a: distorção da informação obtida, falta de visibilidade da CA e excesso de procura em períodos com pouca oferta.
Propriedade intelectual	<ul style="list-style-type: none"> - Integração verticalizada da CA; - <i>Outsourcing</i> globalizado e flutuações de mercado.
Aquisição de matéria-prima / produtos	<ul style="list-style-type: none"> - Taxas de câmbios instáveis; - Elevada procura do mesmo componente de um único fornecedor; - Regime de contratação (longo prazo vs curto prazo).
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> - Número de clientes; - Poder de compra dos clientes
Inventário	<ul style="list-style-type: none"> - Taxa de produtos obsoletos; - Custos de posse; - Valor do produto; - Incerteza na oferta e na procura.
Capacidade	<ul style="list-style-type: none"> - Custo associado à capacidade; - Flexibilidade associada à capacidade.

Diversos autores são unânimes na definição de distúrbio. Svensson (2000), Hendricks e Singhal (2003), Kleindorfer e Saad (2005) referem-se a distúrbio como acontecimentos não planeados e não antecipados que provocam a ruptura do normal fluxo de bens e materiais no interior da CA. Stauffer (2003) argumenta que, em consequência da ocorrência de distúrbios, “as organizações ficam expostas a potenciais riscos operacionais e financeiros”.

Em termos financeiros, é difícil de quantificar os custos envolvidos com a ocorrência de um distúrbio. No entanto, Rice e Caniato (2003) realizaram um estudo a uma organização, e concluíram que o impacto em termos de custos para essa organização, face à ocorrência de um distúrbio, se situava entre os 50-100 milhões de dólares por dia. Não é de estranhar, portanto, o actual e significativo apreço dado ao tema, dadas as implicações que podem surgir da ocorrência de um distúrbio.

De acordo com Sheffi e Rice (2005) os distúrbios, numa CA, podem ser atribuídos a uma falha provocada num determinado nó da CA, sendo de esperar que, quanto mais complexa for a rede de abastecimento, maior risco existirá devido à existência de mais nós na cadeia. Este tipo de constrangimentos, provoca em muitas situações, um aumento da volatilidade associada à procura, uma redução das actividades consideradas redundantes, um aumento das dependências ao longo das entidades constituintes da CA e uma falta de resposta face aos efeitos negativos que poderão surgir derivado da ocorrência do distúrbio.

Craighead *et al.* (2007) define os distúrbios de uma CA como acontecimentos de ocorrência certa, e como tal, todas as CA estão sujeitas a diversos tipos de risco. Importa então, introduzir o conceito de severidade do distúrbio.

Segundo Craighead *et al.* (2007), a severidade de um distúrbio numa CA pode ser definida como o número de entidades (ou nós) constituintes da CA cuja habilidade de transaccionar bens ou materiais é afectada, devido à ocorrência de um distúrbio. Um distúrbio que provoca rupturas mais abrangentes na CA, terá um impacto maior em termos financeiros do que um distúrbio de menor amplitude.

Existem factores na própria CA, que podem potenciar a severidade da ocorrência de um distúrbio.

Craighead *et al.* (2007) enumera os seguintes factores:

- Densidade da CA – Uma CA é tanto mais densa, quanto maior for o número de entidades constituintes da CA. Face à ocorrência do mesmo distúrbio, este será mais severo numa CA mais densa (com maior número de entidades), do que numa CA menos densa (com menor número de entidades);
- Complexidade da CA – Uma CA é tanto mais complexa, quanto maior for a soma entre o número de entidades e a quantidade de fluxos existentes entre as entidades. Face à ocorrência do mesmo distúrbio, a conclusão é semelhante à verificada para a densidade da CA: quanto mais complexa é a CA, mais severo será o distúrbio;
- Importância da entidade (nó) – A importância da entidade na CA global é um factor importante na severidade do distúrbio. Face ao mesmo distúrbio, se este ocorrer numa entidade mais importante da CA, a sua severidade será maior, comparativamente à ocorrência do mesmo distúrbio numa entidade de menor importância na CA.

Entre as várias classificações atribuídas à incerteza / risco que origina a ocorrência de distúrbios, destacam-se as seguintes, sendo que um dos factores comuns de atribuição reside na fonte de

incerteza ser externa ou interna como foi citado anteriormente. Mason-Jones e Towill (1998) classificam a incerteza dentro da estrutura organizacional de acordo com quatro categorias diferentes:

- Incerteza associada ao processo - afecta a capacidade interna da organização no sentido de conseguir cumprir a produção planeada;
- Incerteza do fornecedor – quando o fornecedor não consegue cumprir os requisitos da organização, em termos de tempo, quantidade certa, especificações correctas, qualidade ou preço;
- Incerteza da procura – afecta a previsão da procura e a variedade do produto
- Incerteza associada ao controlo – tem a ver com o fluxo de informação dentro da organização e a forma através da qual a organização transforma pedidos recebidos em objectivos produtivos.

Van der Vorst e Beulens (2002) identificam três variantes de incerteza, dentro de uma CA: horizonte de encomendas planeadas, dados relativos ao *input* do processo e processos de decisão.

Christopher e Peck (2004) seguem o mesmo raciocínio do autor anterior, mas agrupam as fontes de incerteza em duas classes – interna (à organização) e externa (à organização, mas interna à rede de abastecimento) e sugerem uma terceira classe – fontes de incerteza associadas ao exterior da rede da rede abastecimento.

Kleindorfer e Saad (2005), por sua vez, utilizam o mesmo conceito de diferenciação (interno vs externo), mas consideram três fontes de distúrbio:

- Contingências operacionais – incluem mau funcionamento ou avarias de equipamento e falhas do sistema;
- Perigos de natureza ambiental e associados ao terrorismo;
- Instabilidade política.

Kleindorfer e Saad (2005) consideram duas categorias de distúrbios. A primeira categoria considera os riscos provenientes do processo de coordenação entre fornecimento e procura e distúrbios provenientes de outros riscos, enquanto a segunda categoria diz respeito à divisão entre risco interno e externo da organização. Relativamente à segunda categoria (interno vs externo), os autores Cucchiella e Gastaldi (2006) desenvolveram um estudo que originou o mesmo tipo de conclusões, com a diferença de centrarem o seu estudo apenas num sistema isolado e não numa CA no seu todo, como os autores referidos anteriormente.

Trkman e McCormack (2009) consideram que a incerteza endógena é derivada da parte interna da CA e pode originar mudanças transaccionais entre a organização local e os fornecedores. Exemplos mais evidentes desta situação são as flutuações dos mercados e mudanças ao nível tecnológico. Por outro lado, a incerteza exógena deriva da parte externa da CA, e é dividida em duas partes distintas:

eventos discretos, que surgem apenas uma vez ocasionalmente (ataques terroristas, pandemias, greves laborais) e eventos contínuos, que estão constantemente em mudança (taxa de inflação, alterações no preço dos produtos). O modelo conceptual que relaciona estes tipos de incerteza (endógena e exógena) é apresentado na Figura 2.5.

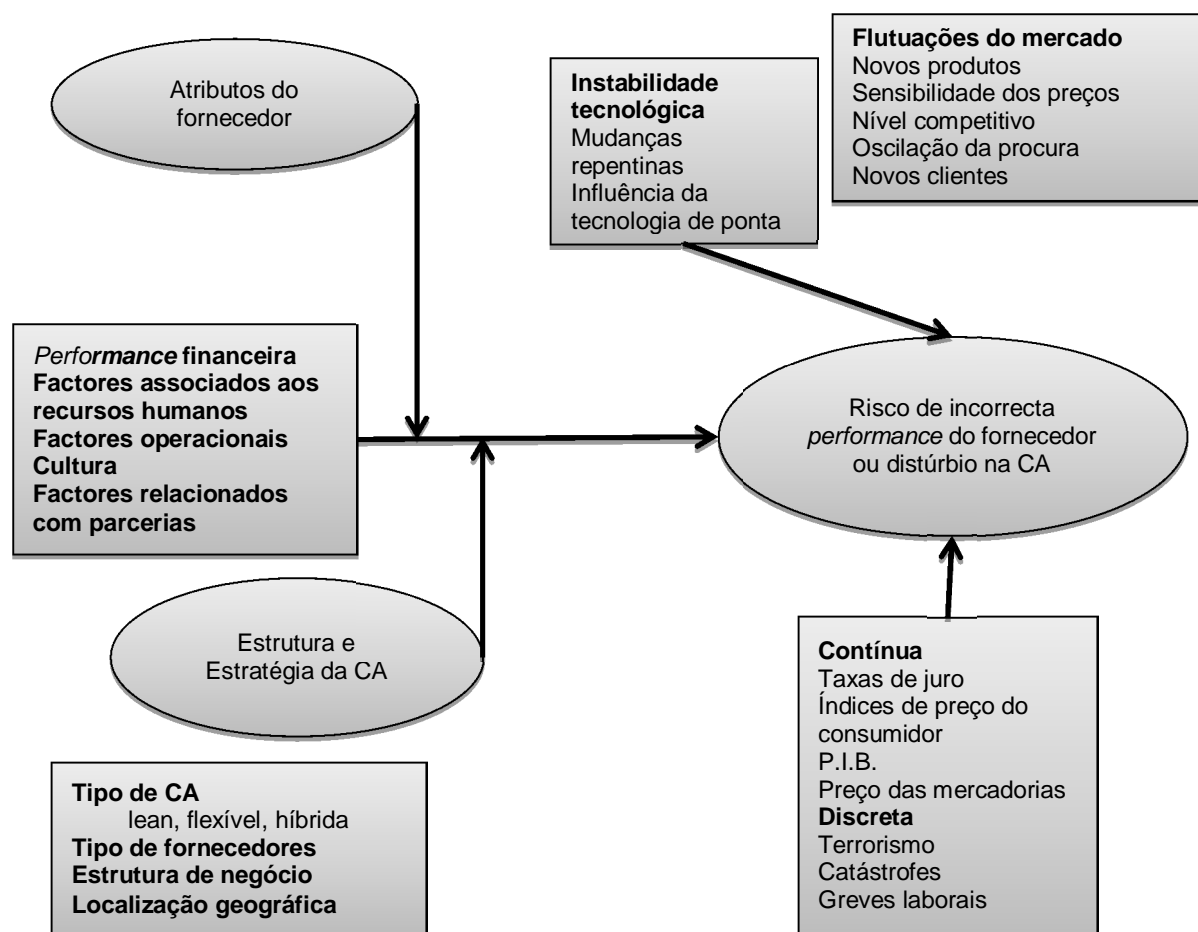


Figura 2.5 – Modelo conceptual que relaciona as incertezas endógena e exógena (adaptado de Trkman e McCormack, 2009)

No seguimento de todas as abordagens referidas, surge uma classificação de distúrbios mais actual e que servirá de referência na presente dissertação. Na Figura 2.6, é apresentada uma classificação de distúrbios, baseado no modelo proposto por (Nunes, 2010) inserido no âmbito do projecto Resiliente.

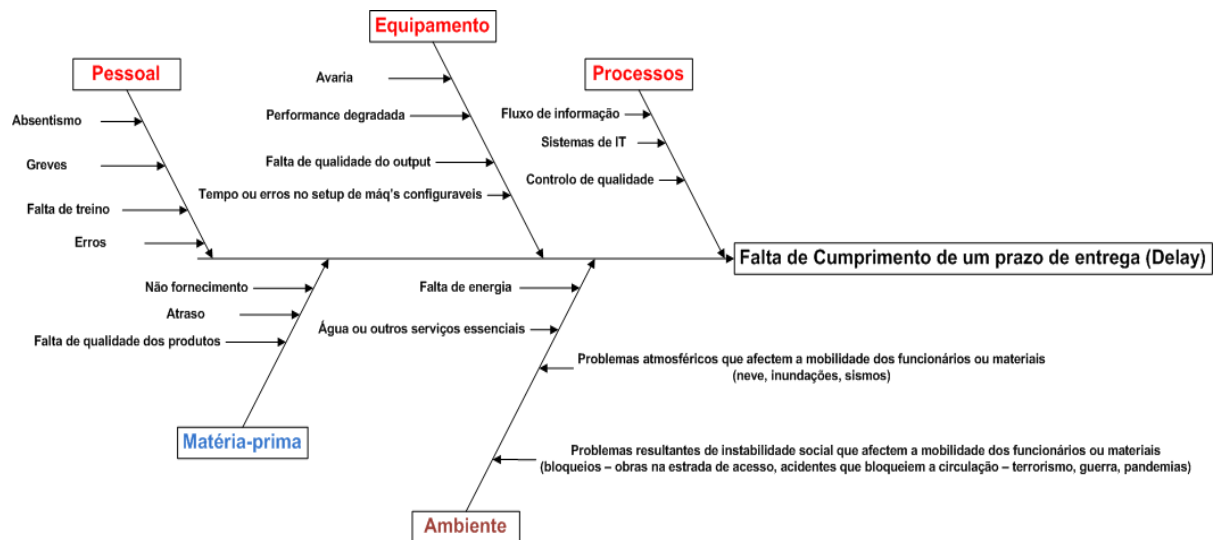


Figura 2.6 – Análise de distúrbios (adaptado de Nunes, 2010)

- Fontes de distúrbio internas
- Fontes de distúrbio externas
- Fontes de distúrbio internas / externas

No estudo elaborado por Azevedo *et al.* (2008), constata-se que a principal causa de distúrbio identificada pelos parceiros de uma CA, tem origem no fornecimento. Os atrasos na entrega do fornecedor são a principal fonte de distúrbio, na cadeia automóvel. Barroso *et al.* (2010) propõe uma *framework* de classificação de causas de distúrbio no fornecimento. A *framework* é apresentada na Figura 2.7.

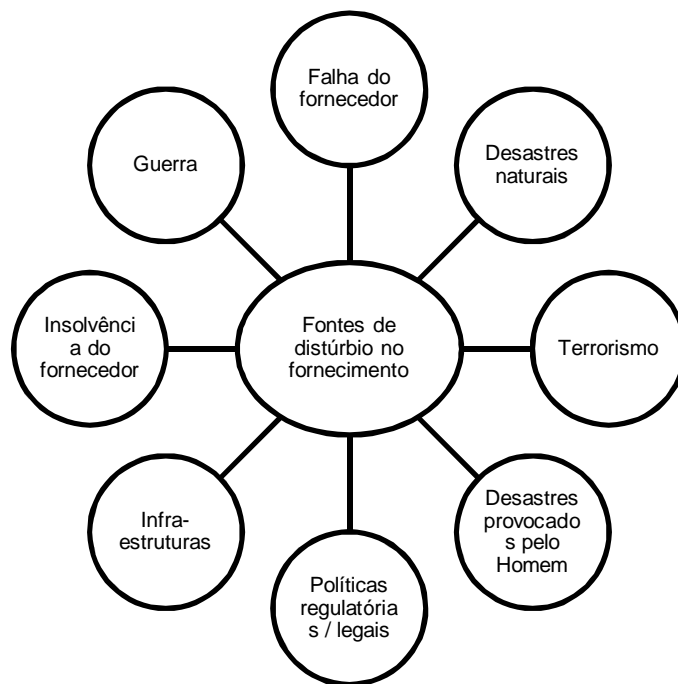


Figura 2.7 – Causas de distúrbio ao nível do fornecimento (adaptado de Barroso et al., 2010)

Stauffer (2003) e Zsidisin et al. (2005) alertam para o facto das organizações *lean* serem bastante vulneráveis à ocorrência de distúrbios, pois um simples atraso na entrega de um componente crítico pode resultar numa enorme perda financeira e operacional.

Huang e Keskar (2007) consideram que a *performance*, risco associado e meio envolvente dos fornecedores devem ser “medidos”, e de acordo com diferentes contingências, devem ser implementadas as estratégias mais adequadas para os diferentes fornecedores.

Manuj e Mentzer (2008) argumentam que o risco ao nível do fornecedor é a probabilidade de ocorrência de um evento associado ao fornecimento. Esse evento pode ser devido a falhas do fornecedor, de tal forma que a organização não consiga cumprir com os requisitos do cliente, sem que para isso tenha custos adicionais, ou ponha em causa a segurança das encomendas do cliente final. A escolha da melhor combinação de fornecedores é uma temática bastante importante na prevenção da ocorrência de distúrbios. Desta forma, vários modelos foram desenvolvidos de forma a analisar e seleccionar a melhor combinação de fornecedores (Lee *et al.*, 2001). Valluri e Croson (2005) utilizaram um modelo de simulação, cujos objectivos assentavam na escolha de melhores fornecedores através da visualização do comportamento dos mesmos, em determinados ambientais funcionais.

De forma a explorar a possibilidade de utilizar uma medida de predição de risco associado ao fornecedor, Trkman e McCormack (2009) propõem uma *framework* que permite seleccionar e gerir as melhores combinações de fornecedores de forma a garantir o nível e a qualidade de serviço, face a eventuais ocorrências de distúrbios. A *framework* é apresentada na Figura 2.8.

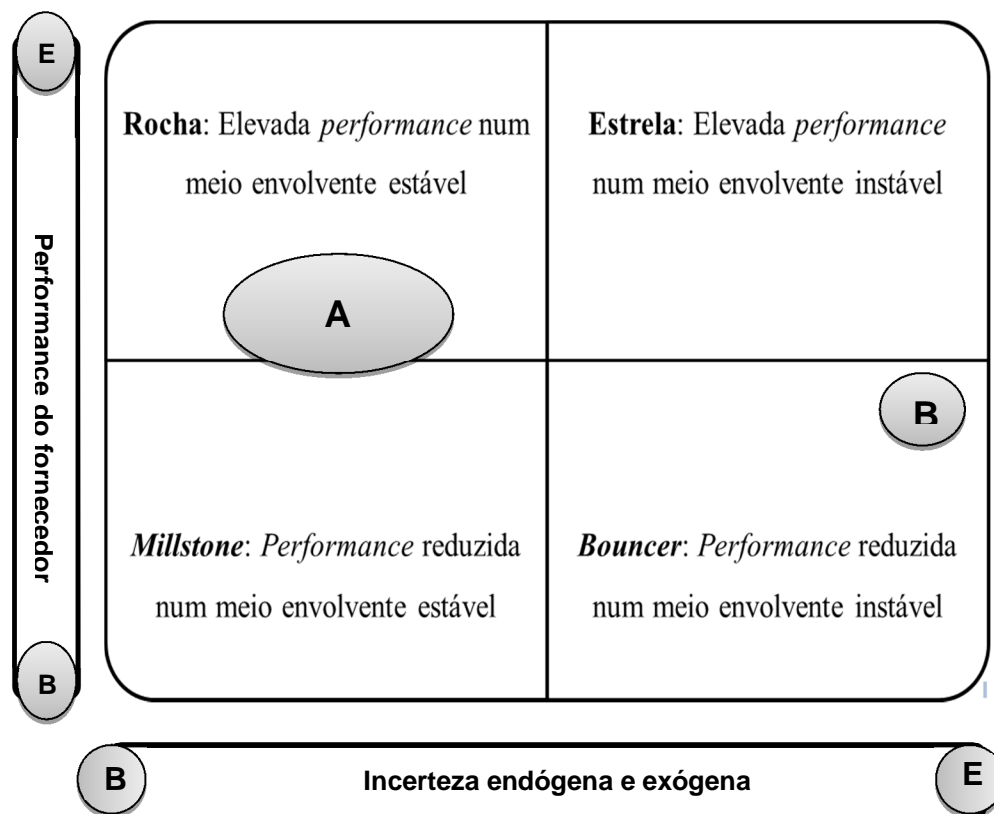


Figura 2.8 – Framework de selecção e gestão de fornecedores (adaptado de Trkman e McCormack, 2009)

Na *framework* apresentada a posição de cada fornecedor é determinada através de dois factores: a *performance* do fornecedor na cadeia e a instabilidade do ambiente em que o mesmo opera. O tamanho do círculo inscrito no interior da *framework* indica a importância estratégica de um fornecedor na cadeia de abastecimento (a letra A corresponde a uma “rocha” muito importante, a letra B corresponde a um “bouncer” com um pequeno grau de importância). A distribuição de todos os fornecedores através da *framework* permite uma visão geral dos potenciais riscos e pontos fracos que a cadeia de abastecimento possui. Este tipo de análise permite a uma organização identificar a melhor combinação de fornecedores que garantam o nível de serviço previamente definido, e se estes estão de acordo com as estratégias delineadas (Trkman e McCormack, 2009).

2.5 Estratégias de minimização do risco / distúrbio

Yates e Stone (1992) alertam para o facto de existirem recursos limitados, constringindo a percepção das organizações face aos riscos inerentes. Face a estes factos, Fisher (1997) e Newman et al. (1993) recomendam a necessidade deste tipo de empresas constituir barreiras (*buffers*) que mitiguem o efeito das diversas incertezas verificadas nos seus processos.

Segundo Smeltzer e Siferd (1998), algumas práticas existentes, como sejam o facto da certificação de fornecedores ou programas de gestão de qualidade podem permitir uma gestão do risco ao nível do

fornecedor através de uma redução da probabilidade da ocorrência de algum acontecimento que perturbe o normal funcionamento de uma cadeia de abastecimento.

Zsidisin *et al.* (2000) referem que até à data as medidas vulgarmente utilizadas para combater o risco no fornecimento passam por utilizar diversos fornecedores e analisar o nível de *stock*, limitando o estudo noutras práticas que reduzam a incerteza de uma forma concreta. Os mesmos autores propõem algumas medidas que as organizações podem adoptar, de forma a contornar o risco ao nível do fornecedor, que passam por formar parcerias (através da formação de alianças com os fornecedores), remeter aos fornecedores a responsabilidade de desenvolverem planos de mitigação, a manutenção de uma plataforma comum para os produtos, acesso directo ao *brainware* dos fornecedores e o estabelecimento de uma *standardização* industrial. Nesta situação, a avaliação dos riscos, planos de contingência e *buffers* são executados com o objectivo de reduzir a incerteza e evitar riscos ao nível do fornecimento.

Stecke e Kumar (2006) argumentam que o planeamento da mitigação pode ser dificultado pelo facto de existirem diferentes tipos de severidade inerentes à ocorrência de um distúrbio.

Face à consequência que os distúrbios podem provocar nas organizações, torna-se importante estudar estratégias que reduzam os efeitos provocados pela acção de distúrbios. Desta forma, existem estratégias que permitem às organizações / CA serem resilientes, reduzindo assim o efeito da acção dos distúrbios (Tang, 2006).

Tomlin (2006) faz uma importante distinção entre estratégias de mitigação e estratégias de contingência. Segundo o mesmo autor, as estratégias de mitigação são acções que são tomadas antes da ocorrência de um distúrbio, ao invés das estratégias de contingência que são acções que são tomadas após a ocorrência do distúrbio.

Craighead *et al.* (2007) argumentam que as estratégias de contingência são mais reactivas na sua natureza, enquanto as estratégias de mitigação são pró-activas.

Chopra e Sodhi (2004) apresentam uma relação existente entre a estratégia de mitigação e o tipo de risco inerente à CA. Esta relação é útil, pois permite verificar o efeito que uma determinada medida de mitigação possui sobre diferentes tipos de risco, podendo aumentar ou diminuir o mesmo. O impacto de diversas medidas de mitigação ao nível do risco é apresentado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Impacto de diversas medidas de mitigação ao nível do risco (adaptado de Chopra e Sodhi, 2004)

Estratégia de Mitigação vs Tipo de risco	Ruptura	Atraso	Risco na previsão	Aquisição de matéria-prima / produtos	Clientes	Risco na capacidade	Risco no inventário
Aumentar a capacidade		↓ ↓		↓		↑ ↑	↓
Aumentar o nível de stock	↓	↓ ↓		↓		↓	↑ ↑
Possuir uma vasta carteira de fornecedores	↓ ↓			↓		↑	↓
Aumentar a capacidade de resposta		↓ ↓	↓ ↓				↓ ↓
Aumentar a flexibilidade		↓		↓		↓ ↓	↓
Agregar a procura			↓ ↓			↓ ↓	↓ ↓
Aumentar a capacidade		↓					↓
Possuir uma carteira de clientes mais alargada					↓		

Legenda: ↑ ↑ - Aumenta muito o risco
 ↑ - Aumenta pouco o risco
 ↓ - Diminui pouco o risco
 ↓ ↓ - Diminui muito o risco

Stecke e Kumar (2006) identificaram diversos tipos de estratégias de redução / minimização do risco e categorizaram-nas, de acordo com o “momento” em que o distúrbio actua na CA. Essa categorização surge dividida em quatro estratégias distintas, as quais se passa a explicitar:

1) Estratégias de Mitigação:

Estratégias pró-activas

Este tipo de estratégia tem como objectivo ajudar uma organização a evitar ou diminuir a possibilidade da ocorrência de alguns tipos de distúrbios. Uma estratégia pró-activa consiste numa decisão e/ou plano e/ou acção que é efectuada com o objectivo de reduzir a vulnerabilidade e a probabilidade de ocorrência de um distúrbio. As estratégias pró-activas são implementadas antes de

se conhecer algum tipo de previsão sobre o distúrbio que poderá ocorrer. Algumas medidas pró-activas que as organizações podem adoptar passam por:

- Colocar instalações em localizações “seguras”;
- Seleccionar fornecedores “seguros” e robustos;
- Possuir modos de transporte expeditos e robustos;
- Estabelecer canais de comunicação seguros;
- Reforçar a segurança;
- Efectuar uma gestão de recursos humanos eficiente.

Estratégias de aviso prévio

Essencialmente, este tipo de estratégia pretende garantir benefícios à organização, através de previsões de acontecimentos futuros que possam vir a ocorrer. Informação com elevado grau de antecipação pode permitir a uma organização uma prevenção total face à ocorrência de um distúrbio. Algumas estratégias de aviso prévio passam por:

- Melhorar a visibilidade e a coordenação na CA;
- Aumentar a visibilidade dos modos de transporte;
- Monitorizar previsões climatéricas;
- Agir consoante o nível de alerta terrorista;
- Monitorizar ameaças diversas.

2) Estratégias de Contingência

As seguintes estratégias de combate e de sobrevivência enquadram-se nas estratégias reactivas (contingência) e são caracterizadas por serem implementadas após a previsão do distúrbio.

Estratégias de combate

Neste caso, a flexibilidade constituinte dos processos da CA ajuda a definir as melhores estratégias de combate, de forma a mitigar o risco. Este tipo de estratégias imbui a organização com a capacidade de mitigar os efeitos decorrentes de um distúrbio. Estas estratégias assentam na flexibilidade organizacional, o que permite à organização compensar as perdas numa parte da CA, através da obtenção de ganhos provenientes de alternativas disponíveis. Algumas dessas estratégias são:

- Manutenção de múltiplas entidades produtivas com recursos flexíveis;
- Manter *stocks* de segurança;
- Alternar os contratos de fornecimento;
- Possuir modos de transporte flexíveis;
- *Standardizar* diversos processos;

- Capacidade de influenciar a escolha do cliente final;
- Possuir seguros contra os vários tipos de risco.

Estratégias de sobrevivência

Tem como objectivo ajudar as organizações a minimizar as perdas e a duração dos distúrbios. Este tipo de estratégia pode ser implementado em duas fases: após a ocorrência do distúrbio, com o objectivo de salvaguardar a vida e a propriedade, e numa segunda fase, recuperar e reorganizar os recursos de forma a retomar o funcionamento normal da organização. Algumas medidas propostas são:

- Implementação de planos de emergência organizacionais;
- Manutenção dos canais de comunicação;
- Manutenção do controlo da organização;
- Identificação das necessidades básicas para realizar as operações.

Oke e Gopalakrishnan (2009) classificam as estratégias de mitigação de riscos em genéricas (são capazes de enfrentar qualquer tipo de risco) e específicas (enfrentam apenas um tipo de risco em particular). O mesmo autor relaciona as diferentes estratégias de mitigação com o tipo de risco, categoria de risco e severidade do mesmo. Essa relação apresenta-se na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Riscos e respectivas estratégias de mitigação (adaptado de Oke e Gopalakrishnan, 2009)

Categoria do risco	Tipo de risco	Classificação	Estratégias de mitigação
Fornecimento	Importações	Prob. Ocorrência elevada, Impacto reduzido	Melhor planeamento e coordenação do fornecimento e procura; Capacidade flexível
	Clima	Prob. Ocorrência elevada, Impacto reduzido	Melhor planeamento e coordenação do fornecimento e procura; Capacidade flexível
	Desastres provocados pelo Homem	Prob. Ocorrência reduzida, Impacto elevado	Identificar pontos de vulnerabilidade na cadeia de abastecimento e possuir planos de contingência
	Desastres naturais	Prob. Ocorrência reduzida, Impacto elevado	Identificar pontos de vulnerabilidade na cadeia de abastecimento e possuir planos de contingência
	Socioeconómicos	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Estratégias de fornecimento múltiplo
	Perda de fornecedores-chave	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Estratégias de fornecimento múltiplo
Procura	Económico	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Gestão da procura – promoções, incentivos aos clientes
	Variabilidade da procura e incerteza	Prob. Ocorrência elevada, Impacto reduzido	Melhor planeamento e coordenação do fornecimento e procura; Capacidade flexível
	Perigos dos produtos	Prob. Ocorrência reduzida, Impacto elevado	Educar os clientes
	Surto	Prob. Ocorrência reduzida, Impacto elevado	Educar os clientes

	Modismos	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Melhor planeamento e capacidade flexível
	Produtos banidos	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Estratégias de fornecimento múltiplo
	Erros de previsão	Prob. Ocorrência elevada, Impacto reduzido	Melhor planeamento e coordenação do fornecimento e procura; Capacidade flexível
Outros riscos	Aumento do preço da gasolina	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Redução de custos nas operações, Gestão da procura – promoções, incentivos aos clientes
	Consumo global	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Redução de custos nas operações, Parcerias com os fornecedores para procurar matérias-primas alternativas
	Regulamentos	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Redução de custos nas operações, Lobbies
	PETA	Prob. Ocorrência média, Impacto moderado	Redução de custos nas operações, Lobbies

Sinha *et al.* (2004) propõem uma metodologia para mitigar os riscos inerentes à CA. Este modelo envolve os processos de identificação de riscos, avaliação da severidade do risco, planeamento de estratégias a adoptar e implementação das mesmas, através de análises FMEA e melhoria contínua. Norrman e Jansson (2004) propõem um modelo de gestão do risco, cujo desenvolvimento é feito a partir da identificação, avaliação e controlo de risco existente, em paralelo com medidas de contingência a adoptar.

O modelo da casa do risco, apresentado por Pujawan e Geraldin (2009) é baseado no pressuposto de que a gestão pró-activa do risco constituinte da CA se deve focar em acções preventivas, através da redução da probabilidade de ocorrência do risco.

Manuj e Mentzer (2008) propõem uma metodologia que permite efectuar uma gestão eficaz do risco na CA. Os temas abordados até ao momento: risco e distúrbio (tipos e localização na CA), estratégias de minimização do risco e modo de implementação na CA são tidos em consideração. A metodologia está dividida em cinco fases:

- Fase 1 – Identificação do risco;
- Fase 2 – Estudo e avaliação do risco;
- Fase 3 – Estratégias de gestão do risco;
- Fase 4 – Implementação das estratégias de gestão do risco definidas na Fase 3;
- Fase 5 – Mitigação dos riscos existentes na CA

Oke e Gopalakrishnan (2009) referem que a efectividade de uma estratégia de mitigação depende de quão bem uma organização é capaz de lidar com o impacto de um distúrbio, ou de recuperar rapidamente do impacto provocado pelo mesmo. Steckle e Kumar (2006) lembram que ao contrário do facto de se pensar que as estratégias de mitigação são uma fonte de custos e ineficiência, estas podem realmente aumentar a eficiência, tendo para isso que ser bem desenvolvidas previamente.

Yates e Stone (1992) recordam que a probabilidade de detectar a ocorrência de muitos destes distúrbios com um grau de precisão eficaz é muito reduzida. Posto isto, a análise custo/ benefício derivada da implementação de um plano de mitigação pode ter falhas significativas, e o cálculo tradicional do retorno face ao investimento pode não justificar a disponibilização de recursos que reduzam a probabilidade de falha no fornecimento. Contudo, Ellram e Siferd (1998) argumentam que uma análise deste género deve incorporar uma métrica de custo total de forma a avaliar a generalidade e a *performance* da cadeia de abastecimento. O custo total provocado pela ocorrência de um distúrbio deve ser avaliado comparativamente aos benefícios que são obtidos através da incorporação de estratégias de mitigação, que reduzam significativamente a probabilidade e/ou o efeito dos distúrbios inerentes à cadeia de abastecimento em análise. Na Tabela 2.4 apresenta-se a relação entre algumas contra medidas e o respectivo investimento e custo.

Tabela 2.4 – Relação entre algumas contra medidas e custos (adaptado de Knemeyer et al., 2008)

Descrição da contra medida	Investimento (em Milhares \$)	Custo (em Milhares \$/ano)	Potencial perda (em Milhares \$/ano)
Expansão da organização para locais alternativos	1000	20	-18
Construção de barreiras protectoras (<i>buffers</i>)	50	40	-25
Constituição de seguros	0	50	-30
Reforço da segurança	200	30	-20

Sheffi et al. (2003) argumentam que o investimento no planeamento e implementação da mitigação a adoptar consome recursos. Este facto pode aumentar os custos e reduzir a eficiência, o que pode originar uma competitividade reduzida. O objectivo é determinar o conjunto correcto de estratégias que permitam equilibrar as perdas provocadas pela redução na eficiência e os ganhos oriundos do aumento da robustez da cadeia.

Nos anexos 1.1 e 1.2. são apresentadas a relação existente entre o conceito de mitigação e vulnerabilidade e distúrbios. O impacto de algumas medidas de mitigação também é apresentado no anexo 1.3.

2.6 Lógica difusa

A lógica difusa assenta na teoria dos conjuntos difusos (*fuzzy sets theory*), formulada e desenvolvida por Zadeh (1965). O desenvolvimento desta teoria surge com a necessidade de dar resposta à modelação baseada em factos (através do recurso a opiniões e conceitos subjacentes ao raciocínio humano). A modelação existente à data da formulação desta teoria possuía um carácter

determinístico e preciso, assente na lógica dual clássica, em que as afirmações são classificadas como sendo verdadeiras ou falsas. Uma vez que as situações reais não possuem um carácter determinístico, foi necessário desenvolver uma metodologia que permitisse modelar tais situações (Nunes, 2003).

A teoria dos conjuntos difusos é uma ferramenta matemática que permite tratar a imprecisão e a incerteza existente nas situações reais. Desta forma, os sistemas complexos, possuem uma ferramenta capaz de os modelar eficazmente, quer quantitativa, como qualitativamente (Nunes, 2003).

Do ponto de vista evolucionário, a teoria dos conjuntos difusos desenvolveu-se em duas vertentes, como refere Zimmermann (1996):

- Vertente formal, incorporando diversos conceitos da matemática clássica à área difusa (álgebra, teoria dos grafos ou topologia), ao mesmo tempo que introduz novos conceitos difusos.
- Vertente computacional, através do desenvolvimento de uma linguagem de modelação que permita retratar a incerteza existente nas situações reais.

Por outro lado, a lógica difusa é utilizada em dois sentidos diferentes, como refere Zadeh (1996):

- Sentido restrito – através da formalização do raciocínio difuso;
- Sentido lato – como sinónimo da teoria dos conjuntos difusos.

Segundo Zadeh (1988) a lógica difusa utiliza a teoria dos conjuntos difusos, como ferramenta matemática, para formalizar o modo de raciocínio difuso, no qual os valores de verdade e as regras de inferência são difusas. O objectivo da LD é o de modelar o modo de raciocínio impreciso e inexacto, característico do ser humano, tendo em consideração a tomada de decisões em ambientes de imprecisão (Nunes, 2003).

A lógica difusa contém a lógica de multivalores (lógica clássica de dois valores) e a lógica probabilística (teoria das probabilidades), sendo, portanto uma lógica completa e abrangente (Zadeh, 1988). Apesar deste facto, existem diferenças entre a lógica difusa e a lógica clássica. Segundo Nunes (2003) as principais características que diferenciam a lógica difusa da lógica clássica são as seguintes:

- A lógica difusa adopta valores de verdade que podem ser qualquer valor compreendido num dado conjunto difuso, pertencente a um conjunto de verdade genérico;
- Os predicados utilizados na lógica difusa podem ser precisos ou difusos (possuem um grau de inexactidão);

- A lógica difusa permite relacionar o conceito de variável linguística (através da representação gráfica do seu significado) com a computação, originando assim um novo modo de computação: a computação por palavras;
- Existem três modos de qualificação na lógica difusa: qualificação de verdade, qualificação de probabilidade e qualificação de possibilidade.

Como foi referido, na lógica difusa, os conjuntos difusos não possuem uma fronteira bem definida. Deste modo um determinado elemento pode ser membro, em diferente grau, de um determinado conjunto difuso.

Nunes (2003) define um conjunto difuso como um conjunto de pares ordenados, em que o primeiro elemento do par ordenado é o elemento do universo de discurso e o segundo elemento do par ordenado é o grau de pertença desse elemento ao conjunto. Analiticamente, um conjunto difuso é representado da seguinte forma (equação 2.1):

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X \},$$

Equação 2-1 – Notação de um conjunto difuso

sendo que \tilde{A} representa o conjunto difuso, X é o universo de discurso, x representa um elemento genérico pertencente ao universo de discurso e $\mu_{\tilde{A}}(x)$ representa o grau de pertença do elemento genérico ao conjunto difuso (Zadeh, 1965). A notação de um conjunto difuso varia conforme o seu universo de discurso (pode ser discreto e finito ou contínuo e infinito) (Zadeh, 1973). Graficamente, um conjunto difuso é apresentado na Figura 2.9.

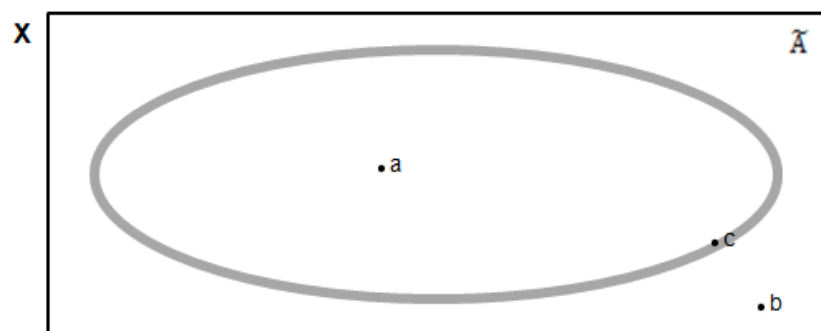


Figura 2.9 – Representação esquemática de um conjunto difuso (adaptado de Nunes, 2002)

O ponto a pertence ao conjunto difuso \tilde{A} , o ponto b não pertence ao conjunto difuso \tilde{A} , e o ponto c pertence ao conjunto difuso \tilde{A} com um determinado grau de ambiguidade. O grau de pertença de um determinado elemento indica o grau de afinidade desse elemento relativamente a um conjunto difuso. O valor do grau de pertença varia entre [0,1], sendo que um grau de pertença de valor 0, indica que o elemento não pertence ao conjunto. À medida que o grau de pertença do elemento se aproxima do valor 1, a afinidade do elemento ao conjunto é cada vez maior (Nunes, 2003).

Num conjunto difuso, a transição de membro ($\mu_{\bar{A}} \neq 0$) para não membro ($\mu_{\bar{A}} = 0$) é efectuada de uma forma gradual, descrita através de uma função de pertença. A função de pertença permite caracterizar o estado de ambiguidade inerente aos conjuntos difusos. Uma função de pertença pode ser discreta ou contínua (Nunes, 2003). A forma de uma função de pertença difere de acordo com a situação em estudo. As famílias de curvas mais frequentes na representação de conjuntos difusos são as funções π ou trapezoidais, gaussianas, triangulares, quadráticas S e quadráticas Z. Na Figura 2.10 é apresentada a representação gráfica das diferentes funções de pertença referidas para um conjunto difuso contínuo (Nunes, 2010).

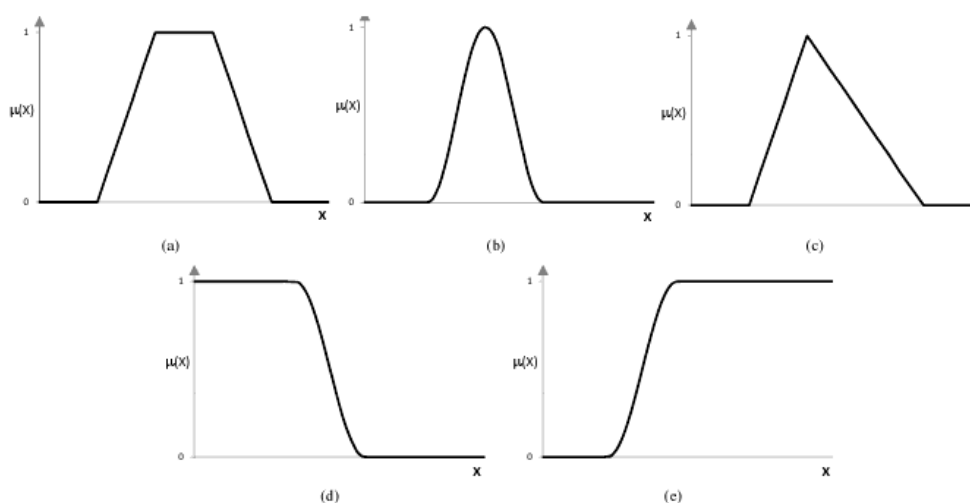


Figura 2.10 – Representação gráfica de funções de pertença de um conjunto difuso contínuo: (a) π ou trapezoidal, (b) Gaussiana, (c) triangular, (d) quadrática-Z e (e) quadrática-S (adaptado de Nunes, 2010)

O conceito de variável linguística pretende constatar dois factos inerentes ao raciocínio humano: por um lado, a maior parte do raciocínio humano é aproximado e não preciso, por outro, o processo de raciocínio humano incorpora um elemento chave que é constituído por classes de objectos e não por números (Zadeh, 1973). Uma variável linguística é uma variável cujos valores são palavras ou frases pertencentes a uma linguagem natural ou artificial (Zadeh, 1973; Zadeh, 1975; Nunes, 2003, 2010). Estes valores provenientes do raciocínio humano podem ser representados através de conjuntos difusos (Nunes, 2010). As variáveis linguísticas permitem caracterizar diversos fenómenos que não possuem uma conotação precisa. Constituem a base de partida para a computação por palavras e para a realização de inferências através de linguagem natural (Nunes, 2003, 2010). A principal vantagem na utilização de variáveis linguísticas reside no facto de ser possível analisar directamente conceitos linguísticos com significado impreciso e relaciona-los com modelações e formulações matemáticas (Nunes, 2010).

Uma variável linguística é caracterizada por um conjunto de cinco variáveis (X, T(X), U, G, M) (Zadeh, 1975) em que:

X – nome da variável;

$T(X)$ – conjunto dos termos de X ou o conjunto dos valores linguísticos de X ;

U : universo de discurso;

G : regras sintáticas;

M : regras semânticas.

Um exemplo de uma variável linguística é o termo idade. Esta variável pode ser caracterizada de diversas formas, através dos termos muito novo, novo, velho e muito velho. Cada um dos termos constitui uma restrição difusa sobre a variável base. Na Figura 2.11 é apresentada a estrutura hierárquica da variável linguística idade (Zadeh, 1975).

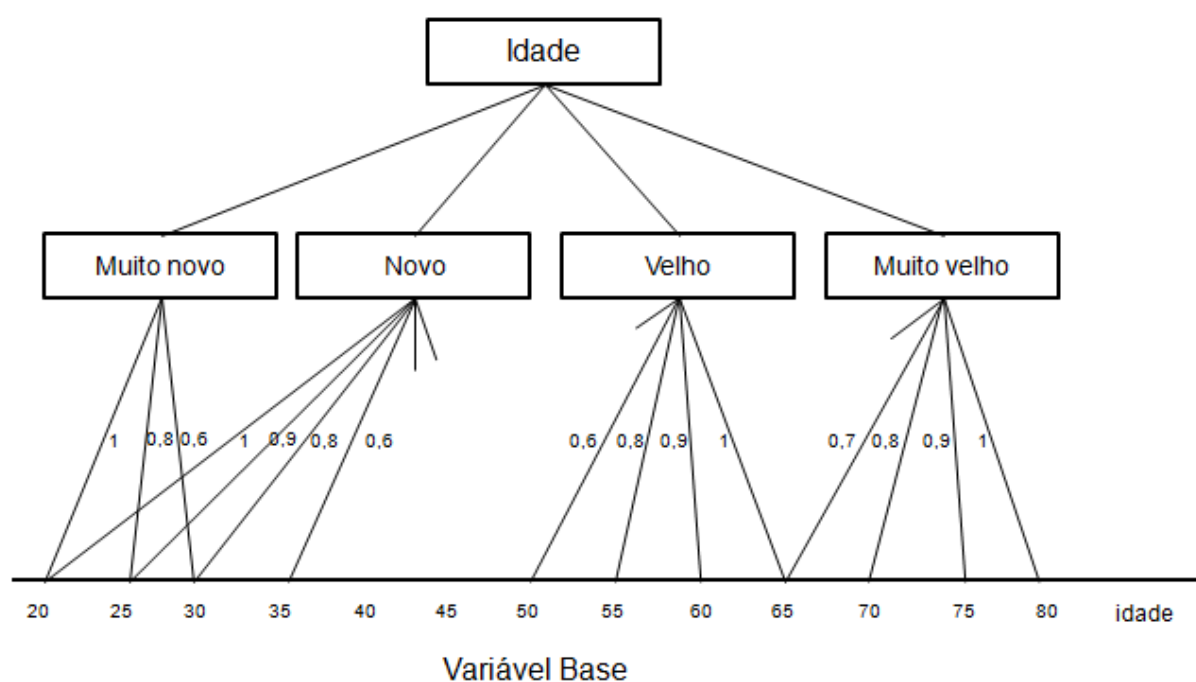


Figura 2.11 – Estrutura hierárquica da variável linguística *idade* (adaptado de Zadeh, 1965)

Na Figura 2.12 é apresentado um exemplo de outra variável linguística e a sua representação gráfica através de um conjunto difuso contínuo (Nunes, 2010).

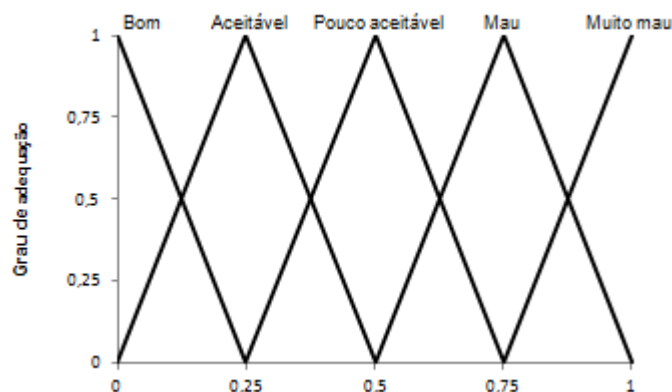


Figura 2.12 – Representação gráfica de uma variável linguística (aceitabilidade) através de termos pertencentes a um conjunto difuso contínuo (adaptado de Nunes, 2010)

A teoria dos conjuntos difusos e a lógica difusa possuem aplicações em diversas áreas: engenharia de controlo, teoria de decisão, sistemas periciais, investigação operacional, robótica e reconhecimento de padrões (Nunes, 2003). Na área da Ergonomia destaca-se o trabalho desenvolvido por Nunes (2010) na avaliação do risco de acidentes de trabalho, análise de fiabilidade humana, movimentação manual de cargas e design de layout.

2.7 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho utilizados no modelo de simulação da CA estão categorizados por diferentes actividades, apresentadas na Tabela 2.6. O objectivo dos indicadores de desempenho é o de medir a performance das entidades constituintes da CA, em função de várias actividades, para que seja possível visualizar o comportamento da CA face à inclusão de diferentes valores de *input*. Os indicadores de desempenho são comuns a cada membro constituinte da CA (Carvalho, 2004).

Tabela 2.5 – Relação entre os indicadores de desempenho utilizados no modelo de simulação e as diversas actividades constituintes da CA (adaptado de Carvalho, 2004)

Indicador de Desempenho	Caracterização	Fórmula de cálculo
Desempenho da Entrega	Tempo desde a recepção da encomenda até início da produção (t_1)	$\frac{(\sum \text{Data início produção} - \sum \text{Data recepção encomenda})}{\text{Número total encomendas}}$ (por período)
	Tempo desde início da produção até stock de bens acabados (t_2)	$\frac{(\sum \text{Data preparação p/envio} - \sum \text{Data início produção})}{\text{Número total encomendas}}$ (por período)
	Tempo desde colocação no stock de bens acabados até libertação para entrega (t_3)	$\frac{(\sum \text{Data libertação p/entrega} - \sum \text{Data preparado p/envio})}{\text{Número total encomendas}}$ (por período)
	Tempo desde a libertação para entrega até entrega ao consumidor (t_4)	$\frac{(\sum \text{Data entrega cliente} - \sum \text{Data libertado p/entrega})}{\text{Número total encomendas}}$ (por período)
	Tempo médio de ciclo	$(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$ (por período)
	Percentagem de atrasos	$\frac{\text{Número encomendas c/atraso}}{\text{Número total encomendas entregues}}$ (por período)
Valor do stock	Valor do stock de matéria-prima (RAW)	$\text{Número unidades em mão} \times \text{Custo unitário M.P.}$
	Valor do stock de material em processo (WIP)	$\text{Número unidades em processo} \times \text{Custo unitário WIP}$
	Valor do stock de bens acabados (FGI)	$\text{Número unidades finalizadas} \times \text{Custo unitário FGI}$
	Valor total	$RAW_t + WIP_t + FGI_t$
Custos de stock	Custos RAW	$\frac{RAW_t + RAW_{t-1}}{2} \times \text{custos espera RAW} \times \frac{1}{365}$
	Custos WIP	$\frac{WIP_t + WIP_{t-1}}{2} \times \text{custos espera RAW} \times \frac{1}{365}$
	Custos FGI	$\frac{FGI_t + FGI_{t-1}}{2} \times \text{custos espera RAW} \times \frac{1}{365}$
	Custos de stock	$\text{Custos RAW} + \text{Custos WIP} + \text{Custos FGI}$
Custos Operacionais	Custo de recepção de materiais (por encomenda)	$\begin{aligned} &\text{Custo unitário aquisição} \times \text{Quantidade adquirida} \\ &+ (\text{Custos Operacionais recepção} \times (1 + \text{Overheads})) \\ &\times \text{Tempo na recepção} \\ &+ (\text{Custos Operacionais verificação} \\ &\times (1 + \text{Overheads})) \times \text{Tempo na verificação} \\ &+ (\text{Custos Operacionais transferência} \\ &\times (1 + \text{Overheads})) \times \text{Tempo na transferência} \end{aligned}$
	Custo dos materiais (por quantidade)	$\frac{\text{Custo recepção materiais (por encomenda)}}{\text{Quantidade (da encomenda)}}$

	Custo de produção (por encomenda)	$ \begin{aligned} & \text{Custo materiais} \times \text{Quantidade produção} \\ & + (\text{Custos Operacionais produção} \times (1 + \text{Overheads})) \\ & \times \text{Tempo na produção} \\ & + (\text{Custos Operacionais embalagem} \\ & \times (1 + \text{Overheads})) \times \text{Tempo na embalagem} \\ & + (\text{Custos Operacionais armazenagem intermédia} \\ & \times (1 + \text{Overheads})) \\ & \times \text{Tempo em armazenagem intermédia} \end{aligned} $
	Custo de transporte (por encomenda)	$ \begin{aligned} & (\text{Custos Operacionais transporte} \times (1 + \text{Overheads})) \\ & \times \text{Tempo médio ciclo} \end{aligned} $
Custos de Produção e Vendas	Custo de bens produzidos (COGM)	$\text{Custo produção}_t + (\text{Custos } WIP_t - \text{Custos } WIP_{t-1})$
	Custo de bens vendidos (COGS)	$(\text{Custo transporte}_t + \text{COGM}_t) + (FGI_t - FGI_{t-1})$
	Lucro bruto	$ \begin{aligned} & \text{Preço} - \text{COGS} = \\ & = (\text{Número unidades entregues} \times \text{Preço unitário}) - \text{COGS} \end{aligned} $
Rotação de stock	Dias de <i>stock</i> (A rotação de <i>stock</i> corresponde ao volume de vendas anual / investimento em inventário). A taxa de rotação (número de vezes que os <i>stocks</i> foram renovados ao longo de um ano) corresponde à quantidade consumida num ano / quantidade em <i>stock</i> .	
	Número de dias de fornecimento de <i>stock</i> (período)	$ \frac{(\text{Custos stock}_t + \text{Custos stock}_{t-1})}{2} \times \left(\frac{\text{Período}_t}{\text{COGS}} \right) $
	Tempo ciclo produtivo	$ \frac{(WIP_t + WIP_{t-1})}{2} \times \left(\frac{\text{Período}_t}{\text{COGS}} \right) $

3. Modelo de Simulação da CA

3.1 Caracterização da CA

Neste capítulo, ir-se-á proceder à caracterização do Modelo de Simulação da CA em análise: membros intervenientes, processos e actividades desenvolvidas, tipos de fluxos existentes, parâmetros associados a cada membro constituinte da CA e modelação dos cenários considerados no Capítulo 4.

A CA considerada no caso de estudo corresponde a uma indústria transformadora do ramo automóvel. A CA é constituída por diversas entidades que possuem fluxos de informação e material, que permitem o desenvolvimento do produto final. A CA considerada possui três tipos de participantes necessários para o desenrolar das operações. Os três tipos de participantes da CA são os **consumidores**, os **fornecedores** e os **intermediários**. Estes três tipos de participantes irão ser modelados no *software* ARENA. Os consumidores caracterizam-se por serem os participantes situados mais a *downstream* da cadeia. A sua função consiste em colocar encomendas de produtos acabados. Pela sua localização na CA (*downstream*), os consumidores não fornecem produtos a outros participantes. Os fornecedores estão localizados na parte mais *upstream* da CA. A sua função passa por efectuar o fornecimento de produtos aos outros participantes. A sua localização (*upstream*) obriga a que os Fornecedores não recebam qualquer tipo de produto. Por último, os intermediários funcionam como participantes que se caracterizam por colocar e entregar encomendas aos outros participantes da CA. Dentre os intermediários considerados, constam os produtores, os armazéns e os retalhistas.

A localização dos três tipos de participantes na CA é apresentada na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Localização dos tipos de participantes constituintes da CA

Os tipos de fluxos existentes na CA são: **fluxos de material**, **fluxos de informação** e **fluxos financeiros**. Os fluxos de material são caracterizados pelo movimento dos materiais ao longo da cadeia. Neste tipo de fluxo está considerado o transporte de produtos entre membros da cadeia. Os fluxos de informação são referentes aos dados que são registados de cada vez que ocorre uma mudança de estado do sistema. Os fluxos financeiros são caracterizados por

constituírem os custos de atribuição de ordens de trabalho, trabalho directo e custos gerais (*overheads*).

A CA que será considerada na análise que constituirá o cenário base possui a geometria apresentada na Figura 3.2.

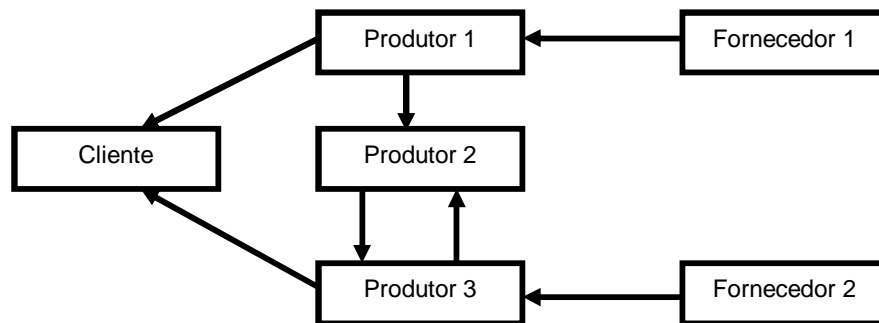


Figura 3.2 – Esquema representativo da CA considerada nos casos de estudo

O esquema representativo da CA representa a interacção entre os diversos membros constituintes da mesma. O fluxo de materiais existentes entre os diversos membros assenta na lista de materiais, representada através da BOM (*Bill Of Materials*) apresentada na Figura 3.3.

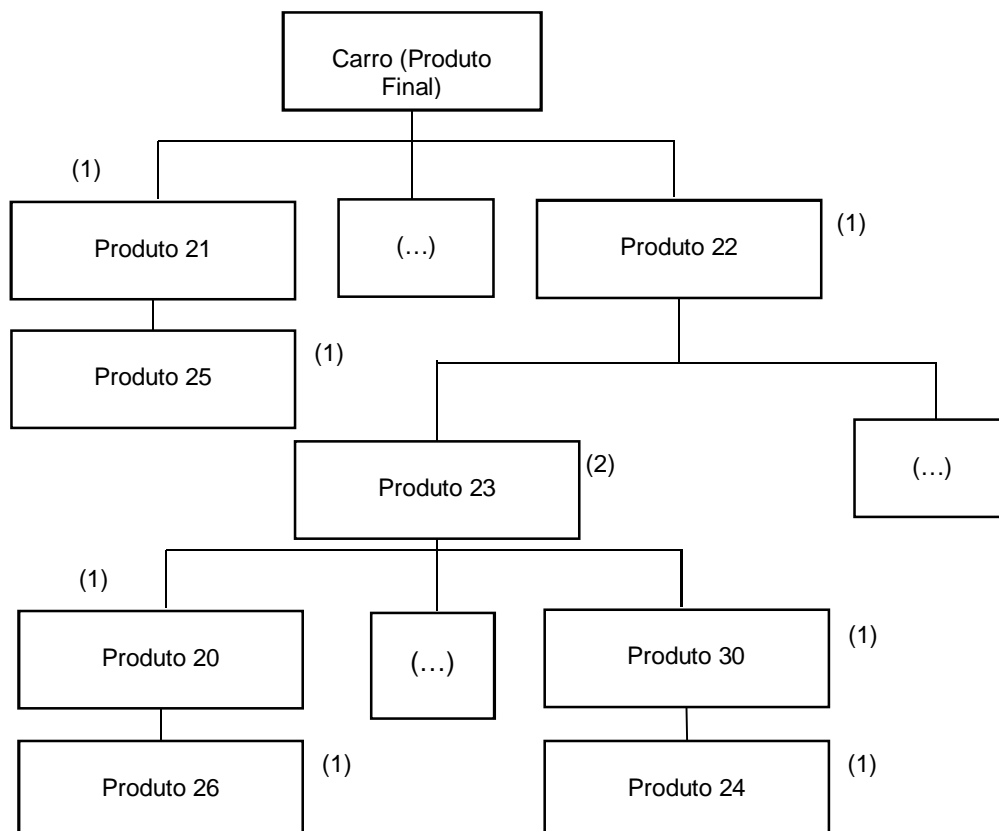


Figura 3.3 – *Bill Of Materials* considerada na CA

O modelo de simulação de cada membro constituinte da cadeia é definido por um conjunto de módulos correspondentes aos processos que serão simulados. Todos os membros da cadeia

apresentam o mesmo procedimento de simulação relativamente aos seus processos. Os processos simulados são os processos de compras, produção e entrega. Cada processo referido possui um conjunto de actividades: actividades de planeamento e actividades de manipulação/ transformação/ transporte (utilizam recursos humanos e máquinas). Seguidamente ir-se-á descrever, sucintamente, as actividades referidas.

- Actividades de Planeamento

As actividades de planeamento ou agendamento caracterizam-se por não consumirem recursos e serem executadas periodicamente. A progressão da simulação é possível através destas actividades. Na Tabela 3.1, apresenta-se a descrição das actividades de planeamento relativamente a cada processo do modelo de simulação considerado.

Tabela 3.1 – Descrição das actividades de planeamento utilizadas no modelo de simulação

Processo	Actividades de planeamento	Descrição
Compras	Calendarização das encomendas	Os membros da cadeia efectuem compras periodicamente, encomendando materiais aos seus fornecedores. Os níveis de <i>stock</i> são verificados periodicamente. Se a quantidade em <i>stock</i> for inferior ao ponto de encomenda é colocada uma encomenda ao fornecedor de modo a colocar o <i>stock</i> no seu valor máximo.
Produção	Calendarização da produção	As encomendas recebidas dos clientes são verificadas periodicamente. Estas encomendas, contudo, não estão calendarizadas para produção. A encomenda só é enviada para produção se existir material disponível para processar a totalidade da encomenda. Todas as encomendas cujo material se encontra disponível são enviadas para produção, não sendo efectuado o planeamento da capacidade de produção. Na eventualidade de não existir material suficiente a encomenda mantém o estado de “Recebida” e é verificada no próximo ciclo de libertação de encomendas para produção.
Entrega	Calendarização das entregas	O nível de <i>stock</i> de bens acabados é verificado periodicamente. As encomendas que se encontram finalizadas são enviadas para posterior entrega ao cliente.

- Actividades de Manipulação/ Transformação/ Transporte

As actividades de transformação e transporte são realizadas com suporte a recursos humanos e máquinas. O tempo utilizado por cada um dos recursos (humanos e máquinas) consiste na agregação dos tempos individuais de utilização de cada recurso na realização de actividades de produção. As actividades necessitam de recursos para puderem ser realizadas. Dessa forma, é atribuído um tempo para execução de uma determinada actividade, o que permite modelar as actividades realizadas através dos recursos. O tempo de execução representa o tempo durante o qual o recurso está a ser utilizado na realização de uma determinada tarefa,

como seja, o tempo de produção de uma unidade do produto X ou o tempo de embalagem de uma encomenda do produto X. O tempo pode ser modelado através de uma distribuição determinística ou estocástica. Será sobre este factor que o trabalho realizado incide: comparação entre modelos determinísticos e estocásticos. Como tal, a modelação do tempo de execução das actividades permite associar todos os parâmetros de entrada a um determinado modelo que se queira estudar (determinístico ou estocástico). Cada recurso possui um custo de utilização, dependendo do tempo em que está a ser utilizado. Este pressuposto não corresponde totalmente à realidade, na medida em que os recursos possuem custos independentemente do seu tempo de utilização. Contudo, no trabalho desenvolvido, esse facto não foi considerado devido à complexidade do modelo. Os recursos humanos e máquinas considerados no modelo de simulação e a sua relação com os diferentes processos e actividades são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Relação entre os recursos humanos e máquinas e os diferentes processos envolvidos no modelo de simulação

Processo	Descrição	Recursos	Descrição
Compras	São efectuadas actividades de recepção das encomendas colocadas pelo fornecedor. Cada encomenda é processada como uma unidade, independentemente da quantidade de produto encomendada.	Recepção	É modelado o tempo necessário para efectuar a recepção da encomenda entregue pelo fornecedor. O tempo de recepção depende do tipo de produto.
		Verificação	É assumido que as encomendas recebidas não possuem defeitos, como tal, a rejeição de produtos não é considerada.
		Transferência	Nesta fase, são alocados recursos que permitem a transferência de produtos adquiridos para <i>stock</i> de materiais.
Produção	São desenvolvidas as actividades que permitem a produção de produtos finais.	Saída dos materiais	É caracterizado pela movimentação dos materiais desde a sua posição de <i>stock</i> (dentro das instalações da fábrica) até ao ponto onde irá ser utilizado. O tempo de processamento deste recurso é dependente do tipo e quantidade de produto colocado em encomenda.
		Produção e Teste	Este recurso apenas existe para os intervenientes que possuem actividades de produção. A percentagem de defeitos é modelada neste recurso. O tempo de processamento correspondente, depende do tipo e quantidade de produto colocado em encomenda.
		Embalagem	O tempo médio de processamento depende, apenas, do tipo de produto. Não depende da quantidade colocada em encomenda.
		Armazenagem temporária	Nesta fase, o produto é colocado numa localização temporária antes de ser encaminhado para o <i>stock</i> de bens acabados. O tempo de processamento depende do tipo de produto.
Entrega	As actividades necessárias à entrega do produto ao cliente são desenvolvidas neste processo.	Recolha do produto e entrega	O tempo de processamento corresponde ao tempo de transporte do produtor ao consumidor. Cada encomenda é entregue em formato separado. Em termos de modelação, o tempo de retorno do transporte após a entrega da encomenda não é considerado.

- Fluxo de Informação

O fluxo de informação entre os vários membros da CA permite a execução do modelo de simulação. O fluxo de informação pode ser caracterizado por dois tipos de especificidade. A sua caracterização é apresentada na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Descrição dos tipos de fluxo de informação considerados no modelo de simulação

Tipo de fluxo de informação	Descrição
Tipo I	Regista o estado do sistema. É utilizado no cálculo dos indicadores de desempenho.
Tipo II	Desencadeia acontecimentos no modelo. As actividades de planeamento, que ocorrem durante a verificação do estado do sistema, e outros acontecimentos estão incluídos neste tipo de fluxo. A progressão da simulação só é possível devido ao desenrolar dos acontecimentos referidos.

O fluxo de informação do tipo II caracteriza-se através do facto dos intervenientes da CA (consumidores, produtores e intermediários) possuírem actividades de execução periódica. As actividades que permitem o desenrolar do curso da simulação são as seguintes:

- O consumidor coloca uma encomenda ao intermediário ou ao produtor;
- No processo de compras, o intermediário verifica o seu nível de *stock* e coloca encomendas de materiais a outros intermediários ou aos produtores;
- No processo de produção, o intermediário ou produtor verifica as encomendas disponíveis para produção e elabora um plano de produção baseado na disponibilidade dos materiais necessários para a execução do pedido;
- No processo de entrega, o intermediário ou produtor verifica as encomendas disponíveis para entrega e elabora o respectivo plano de entregas.

O modelo de simulação possui algumas considerações. Estas considerações podem não representar a realidade na sua totalidade, no entanto são importantes na definição do funcionamento do modelo de simulação. As considerações efectuadas são as seguintes:

- O desempenho da CA não afecta a procura dos consumidores;
- Na eventualidade da ocorrência de ruptura, o cliente aguarda pela encomenda e não existem custos associados;
- A gestão de *stocks* é efectuada através de um modelo de revisão periódica;
- A filosofia prioritária na produção e entrega das encomendas é FCFS (*First Come First Served*);
- O planeamento da capacidade dos recursos utilizados não é efectuado;
- Os recursos humanos e mecanizados são agregados num único recurso. Desta forma, o tempo de utilização dos recursos corresponde ao tempo despendido na realização de uma actividade, não podendo ser utilizados na realização de outras tarefas;

- O tempo de utilização dos recursos: **recepção, verificação, transferência, armazenagem temporária, embalagem e recolha do produto e entrega** (Tabela 3.2) depende do número de encomendas, mas não depende da quantidade de produto existente em cada encomenda;
- O tempo de utilização dos recursos: **saída dos materiais e produção e teste** (Tabela 3.2) depende do número de unidades existente em cada encomenda;
- Não é efectuada a consolidação das encomendas a entregar. A sua entrega é efectuada separadamente;
- O tempo de retorno do transporte após a entrega da encomenda não é modelado;
- A rejeição de matérias-primas ou componentes não é considerada e cada encomenda é constituída apenas por um tipo de produto.

Os *inputs* considerados no modelo de simulação são apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Inputs do modelo de simulação e suas características

<i>Input</i>	Características
Procura dos consumidores	<ul style="list-style-type: none"> - O intervalo de tempo entre colocação de encomendas pode ser determinístico ou aleatório; - A quantidade encomendada pode ser determinística ou aleatória; - Definida pelo produto encomendado.
Frequência de calendarização	<ul style="list-style-type: none"> - Definida através da frequência das actividades de calendarização dos processos de compras, produção e entrega.
Dados de cada produto	<ul style="list-style-type: none"> - Prazos de entrega (Dias); - Preço de venda (UM/Unidade); - Stock inicial (Unidades).
Especificações dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> - Obtidas através da BOM (<i>Bill Of Materials</i>).
Custos de stock	<ul style="list-style-type: none"> - Taxa de posse da matéria-prima (%/ano); - Taxa de posse de WIP (<i>Work In Progress</i>) (%/ano); - Taxa de posse de FGI (<i>Finished Goods Inventory</i>) (%/ano).
Gestão de stocks	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecedor de cada matéria-prima/ componente; - Ponto de encomenda de cada matéria-prima/ componente (Unid.); - Quantidade máxima de cada matéria-prima/ componente (Unid.).
Especificações de cada recurso	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade (Número de recursos disponíveis); - Custos operacionais (UM/hora); - Taxa de custos gerais (%).
Tempos de processamento	<ul style="list-style-type: none"> - Definidos através de distribuições de probabilidade do tempo de processamento de cada recurso.
Tempos médios de processamento de cada recurso	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos: <ul style="list-style-type: none"> o Recepção (por encomenda); o Verificação (por encomenda); o Transferência (por encomenda); o Saída dos materiais (por produto); o Produção e Teste (por produto); o Embalagem (por encomenda); o Armazenagem intermédia (por encomenda)
Tempo médio de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de transporte (por encomenda)

O fornecedor 1 apresenta as seguintes características:

- A capacidade dos recursos considerados é igual a 1;
- O custo de operação/hora do recurso produção e teste é igual a 10 UM. O custo de operação/hora do recurso entrega é de 1,5 UM. Todos os outros recursos possuem um custo de operação/hora de 1 UM;
- O valor de *overhead* (custos gerais) para todos os recursos, é de 25%;
- O custo de encomendar uma encomenda é de 1 UM/encomenda;
- As percentagens de custos de posse de WIP (*Work In Progress*) e de FGI (*Finished Good Inventory*) das matérias-primas são de 25%;
- O tempo de entrega do produto 25 é de 2 dias e possui um preço de venda de 0,5 UM;
- O tempo de entrega do produto 26 é de 3 dias e possui um preço de venda de 0,4 UM;
- O *stock* inicial dos produtos 25 e 26 é infinito;
- Os produtos 25 e 26 possuem tempos de embalagem de 7 minutos e tempos de consolidação de 5 minutos para cada encomenda;
- O tempo de transporte entre o fornecedor 1 e o produtor 1 é de 6 horas.

O fornecedor 2 apresenta as seguintes características:

- A capacidade dos recursos considerados é igual a 1;
- O custo de operação/hora do recurso produção e teste é igual a 20 UM (produção de peças fundidas). O custo de operação/hora do recurso entrega é de 1,5 UM. Todos os outros recursos possuem um custo de operação/hora de 1 UM;
- O valor de *overhead* (custos gerais) para todos os recursos, é de 25%;
- O custo de encomendar uma encomenda é de 1 UM/encomenda;
- As percentagens de custos de posse de WIP (*Work In Progress*) e de FGI (*Finished Good Inventory*) das matérias-primas são de 25%;
- O tempo de entrega do produto 24 é de 2 dias e possui um preço de venda de 2 UM;
- O *stock* inicial do produto 24 é infinito;
- O produto 24 possui um tempo de embalagem de 8 minutos e um tempo de consolidação de 10 minutos para cada encomenda;
- O tempo de transporte entre o fornecedor 2 e o produtor 3 é de 5,5 horas.

O Produtor 1 apresenta as seguintes características:

- A capacidade dos recursos considerados é igual a 1, com exceção do recurso alocado à entrega que é igual a 2;
- O custo de operação/hora do recurso produção e teste é igual a 2 UM. O custo de operação/hora do recurso entrega é de 1,5 UM. Todos os outros recursos possuem um custo de operação/hora de 1 UM;
- O valor de *overhead* (custos gerais) para todos os recursos, é de 25%;
- O custo de encomendar uma encomenda é de 1 UM/encomenda;

- As percentagens de custos de posse de WIP (*Work In Progress*) e de FGI (*Finished Good Inventory*) das matérias-primas são de 25%;
- O tempo de entrega do produto 20 (destinado ao produtor 2) é de 1 dia e possui um preço de venda de 0,6 UM;
- O tempo de entrega do produto 21 (destinado ao cliente final) apresenta uma filosofia JIT (*Just In Time*). Possui um preço de venda de 1 UM;
- O *stock* inicial dos produtos 25 e 26 é de 400 unidades e 880 unidades, respectivamente;
- Os produtos 25 e 26 possuem tempos de recepção de 2 minutos, tempos de verificação de 3 minutos e tempos de transferência de 6 minutos;
- O produto 20 possui um tempo de embalagem de 4 minutos;
- O produto 21 possui um tempo de produção e teste de 4,4 minutos e um tempo de embalagem de 1 minuto;
- Os tempos de consolidação dos produtos 20 e 21 são de 0,5 minutos;
- O tempo de transporte entre o produtor 1 e o produtor 2 é de 0,5 horas. O tempo de transporte entre o produtor 1 e o cliente final também é de 0,5 horas;
- O ponto de encomenda do produto 25 é de 400 unidades e é admissível uma quantidade máxima de encomenda de 400 unidades;
- O ponto de encomenda do produto 26 é de 880 unidades e é admissível uma quantidade máxima de encomenda de 880 unidades.

O Produtor 2 apresenta as seguintes características:

- A capacidade dos recursos considerados é igual a 1;
- O custo de operação/hora do recurso produção e teste é igual a 10 UM. O custo de operação/hora do recurso entrega é de 1,5 UM. Todos os outros recursos possuem um custo de operação/hora de 1 UM;
- O valor de *overhead* (custos gerais) para todos os recursos, é de 25%;
- O custo de encomendar uma encomenda é de 1 UM/encomenda;
- As percentagens de custos de posse de WIP (*Work In Progress*) e de FGI (*Finished Good Inventory*) das matérias-primas são de 25%;
- O tempo de entrega do produto 23 (destinado ao produtor 3) é de 1 dia e possui um preço de venda de 5 UM;
- O *stock* inicial dos produtos 20 e 30 é de 80 unidades;
- O produto 20 possui um tempo de recepção, verificação e transferência de 0,5 minutos;
- O produto 30 possui um tempo de recepção e verificação de 0,5 minutos. O tempo de transferência é de 0,75 minutos;
- O produto 23 possui um tempo de produção e teste de 3,4 minutos e um tempo de embalagem de 4 minutos;
- O tempo de consolidação do produto 23 é de 3 minutos;

- O tempo de transporte entre o Produtor 2 e o Produtor 3 é de 0,5 horas;
- Os pontos de encomenda dos produtos 20 e 30 são de 80 unidades e é admissível uma quantidade máxima de encomenda de 80 unidades.

O Produtor 3 apresenta as seguintes características:

- A capacidade dos recursos considerados é igual a 1, com excepção do recurso alocado à entrega que é igual a 2;
- O custo de operação/hora do recurso produção e teste é igual a 5 UM. O custo de operação/hora do recurso entrega é de 1,5 UM. Todos os outros recursos possuem um custo de operação/hora de 1 UM;
- O valor de *overhead* (custos gerais) para todos os recursos, é de 25%;
- O custo de encomendar uma encomenda é de 1 UM/encomenda;
- As percentagens de custos de posse de WIP (*Work In Progress*) e de FGI (*Finished Good Inventory*) das matérias-primas são de 25%;
- O tempo de entrega do produto 30 (destinado ao produtor 2) é de 1 dia e possui um preço de venda de 3 UM;
- O tempo de entrega do produto 22 (destinado ao cliente final) apresenta uma filosofia JIT (*Just In Time*). Possui um preço de venda de 10 UM;
- O *stock* inicial dos produtos 24 e 23 é de 480 unidades e 400 unidades, respectivamente;
- Os produtos 24 e 23 possuem tempos de recepção de 3 minutos, tempos de verificação de 3,5 minutos e tempos de transferência de 5 minutos;
- O produto 22 possui um tempo de produção e teste de 4,2 minutos e um tempo de embalagem de 0,5 minutos;
- O produto 30 possui um tempo de embalagem de 5 minutos;
- Os tempos de consolidação dos produtos 22 e 30 são de 1 minuto;
- O tempo de transporte entre o produtor 3 e o produtor 2 é de 0,5 horas. O tempo de transporte entre o produtor 3 e o cliente final também é de 0,5 horas;
- O ponto de encomenda do produto 24 é de 480 unidades e é admissível uma quantidade máxima de encomenda de 480 unidades;
- O ponto de encomenda do produto 23 é de 400 unidades e é admissível uma quantidade máxima de encomenda de 400 unidades.

3.2 Modelação ARENA

O ciclo produtivo, considerado na CA, possui uma estrutura definida. Essa estrutura é apresentada na Figura 3.4.

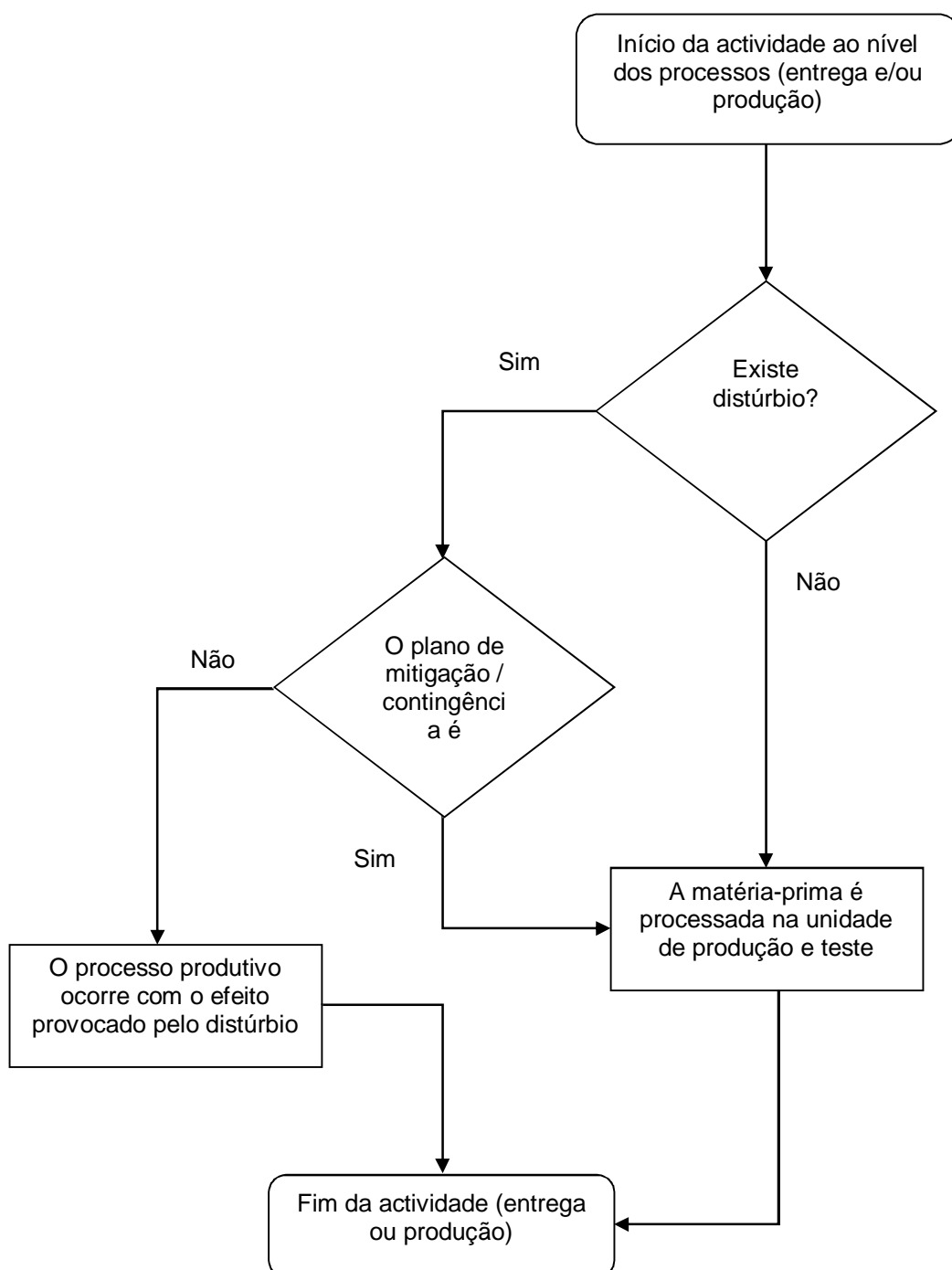


Figura 3.4 – Diagrama representativo da modelação do distúrbio com recurso ao *software* ARENA

Ao início, o material chega à unidade produtiva e é iniciado o processo de produção. Se existir um distúrbio, o recurso afecto à produção e teste possui um valor associado ao tempo de produção consoante a gravidade do distúrbio. Nesse caso é activado o plano de contingência ou mitigação, consoante a situação em análise. Após a activação do plano de contingência / mitigação, a matéria-prima é processada nas actividades a que está sujeita (produção e entrega). Se o plano de mitigação / contingência não for activado, a matéria-prima sofre o efeito do distúrbio (variável), para apenas depois, ser processada na unidade respectiva. Se não ocorrer qualquer tipo de distúrbio, o ciclo produtivo do material ocorre normalmente.

A modelação da CA foi efectuada recorrendo ao *software* ARENA. Deste modo, quando se pretende estudar o efeito dos distúrbios na CA há que programar o *software* para esse efeito.

Assim a modelação dos distúrbios no *software* ARENA é efectuada pela introdução dos módulos “Decide”, “Assign”, “Create” e “Dispose”, ao nível da recolha do produto de armazenagem intermédia e entrega ao cliente, conforme se apresenta na Figura 3.5.

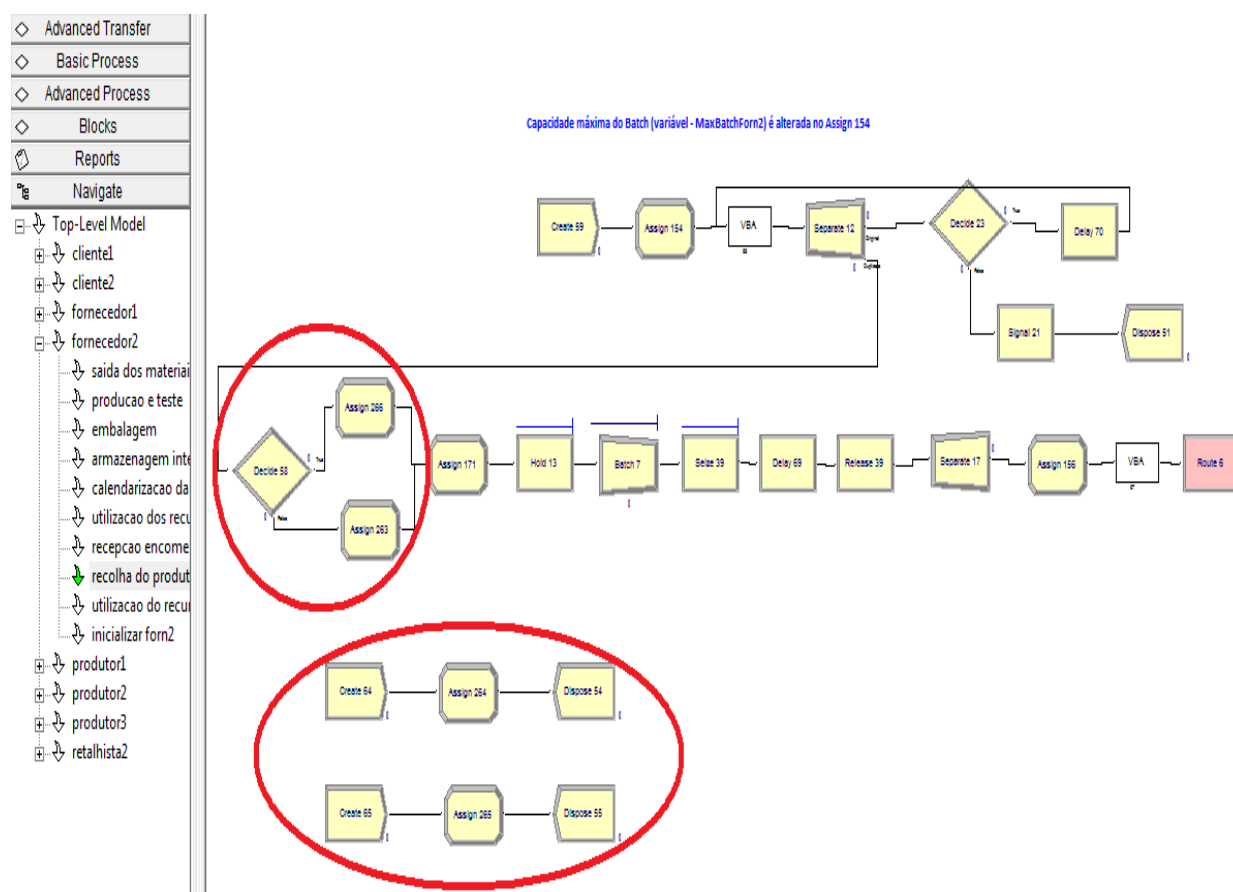


Figura 3.5 – Layout do distúrbio ao nível do recurso entrega do fornecedor 2

Com base na programação realizada, conforme se apresenta na Figura 3.6, o módulo “*Decide*” verifica se existe ou não distúrbio. Criou-se a variável “*disturbioform2*” no módulo “*Assign*” e uma condição que é o factor decisor. Se a variável “*disturbioform2*” assumir o valor 1, então ter-se-á uma situação de existência de distúrbio. Caso contrário, é verificada a situação de não ocorrência de distúrbio.

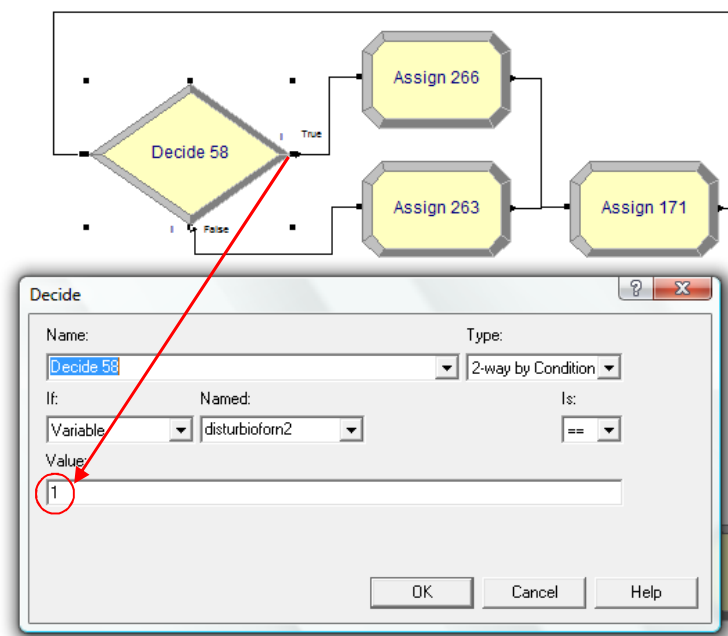


Figura 3.6 – Programação do decisor relativo à existência ou não do distúrbio no modelo de simulação

O módulo “*Assign*”, como se apresenta na Figura 3.7, permite modelar o tempo de duração do efeito do distúrbio (t_{ded}). É criado um atributo, que corresponde ao tempo de entrega, cujo valor se pretende alterar. Desta forma, o modelo assume o valor do tempo de entrega introduzido no módulo em questão (neste caso, e para o explicitar, utiliza-se o valor genérico “x”). Quando não existe distúrbio, o modelo assume o valor *default* do tempo de transporte.

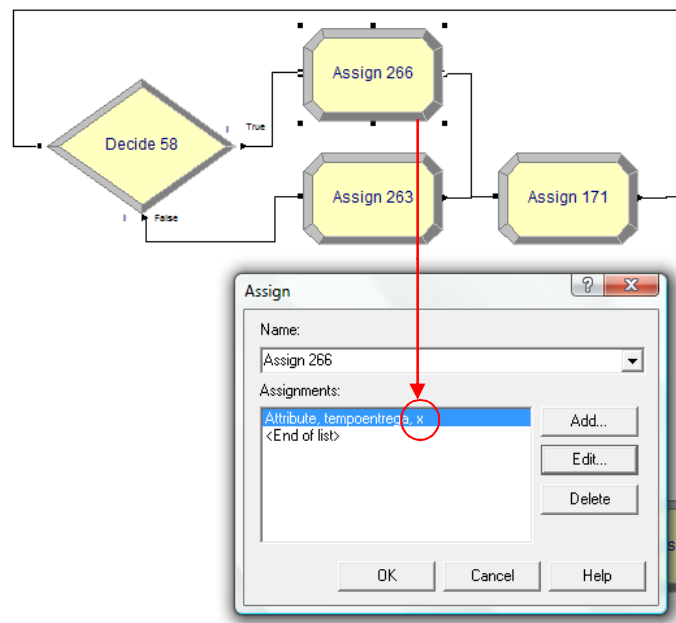


Figura 3.7 – Programação do tempo do efeito do distúrbio no modelo de simulação

O tempo de duração do distúrbio, t_{dd} é programado no *software* ARENA através dos módulos “Create”, “Assign” e “Dispose”. Essa informação pode ser visualizada na Figura 3.8.

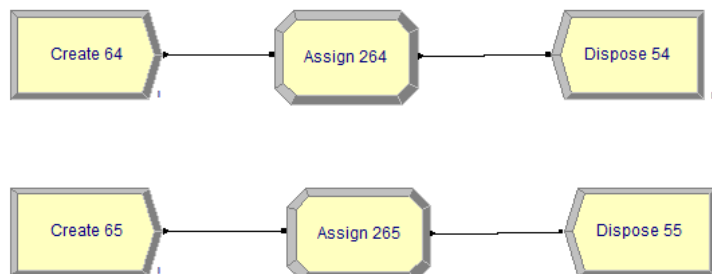


Figura 3.8 – Programação do início e fim da injeção do distúrbio no modelo de simulação

Foram realizados vários testes de simulação de forma a verificar qual o período de simulação a utilizar. Chegou-se à conclusão que um período de simulação de 55 dias permite visualizar o comportamento dos membros da cadeia face à inclusão de distúrbios e à sua recuperação do efeito provocado pelos mesmos. Em termos de modelação no *software* ARENA, o início do distúrbio será ao 25ºdia (720000 segundos) e o final será ao 30ºdia (864000 segundos). O *warm-up period* é de 20 dias. Este período de “aquecimento” foi determinado pela análise dos resultados do modelo estocástico, que pelas suas características de variabilidade, demora algum tempo a atingir o “*Steady-State*”. Um “*warm-up period*” de 20 dias garante que o modelo já alcançou o “*Steady-State*”.

Para efeitos de análise de resultados, os primeiros 20 valores serão retirados, pois como já foi referido acima, estes pertencem ao *warm-up period*. Assim, o início do distúrbio será ao 5º dia e o final será ao 10º dia.

O módulo “Create” permite programar o tempo entre chegadas. Neste módulo são criadas novas entidades, cujo intervalo de tempo entre chegadas é constante (1) e cujo valor é igual a 1 segundo (2) e (3). O número máximo de entidades criadas é 1 (4). Neste módulo é assim programado o início do distúrbio aos 720000 segundos (25º dia) (5). Esta informação é apresentada na Figura 3.9.

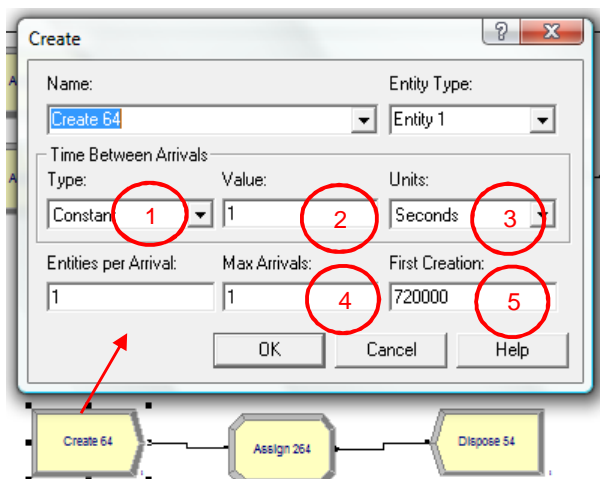


Figura 3.9 – Programação do início da injeção do distúrbio no modelo de simulação

O raciocínio utilizado para programar o início do distúrbio é válido para a programação do fim do mesmo como se pode visualizar na Figura 3.10.

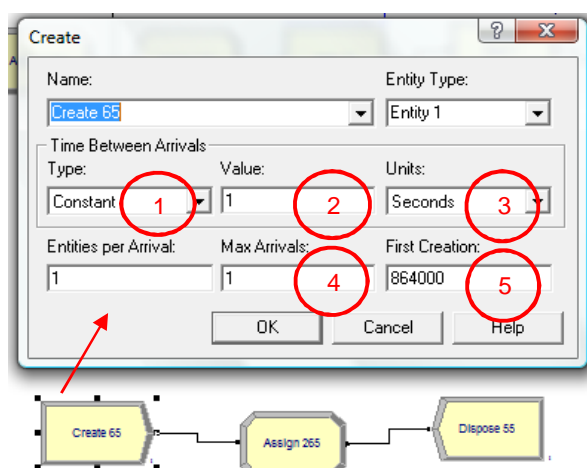


Figura 3.10 – Programação do fim da injeção do distúrbio no modelo de simulação

A modelação dos planos de mitigação, à semelhança da modelação dos distúrbios, é efectuada através do *software* ARENA. Assim a modelação do plano de mitigação no *software* ARENA é efectuada pela introdução dos módulos “Decide”, “Assign”, “Create” e “Dispose”, ao nível da recolha do produto de armazenagem intermédia e entrega ao cliente, conforme se apresenta na Figura 3.11.

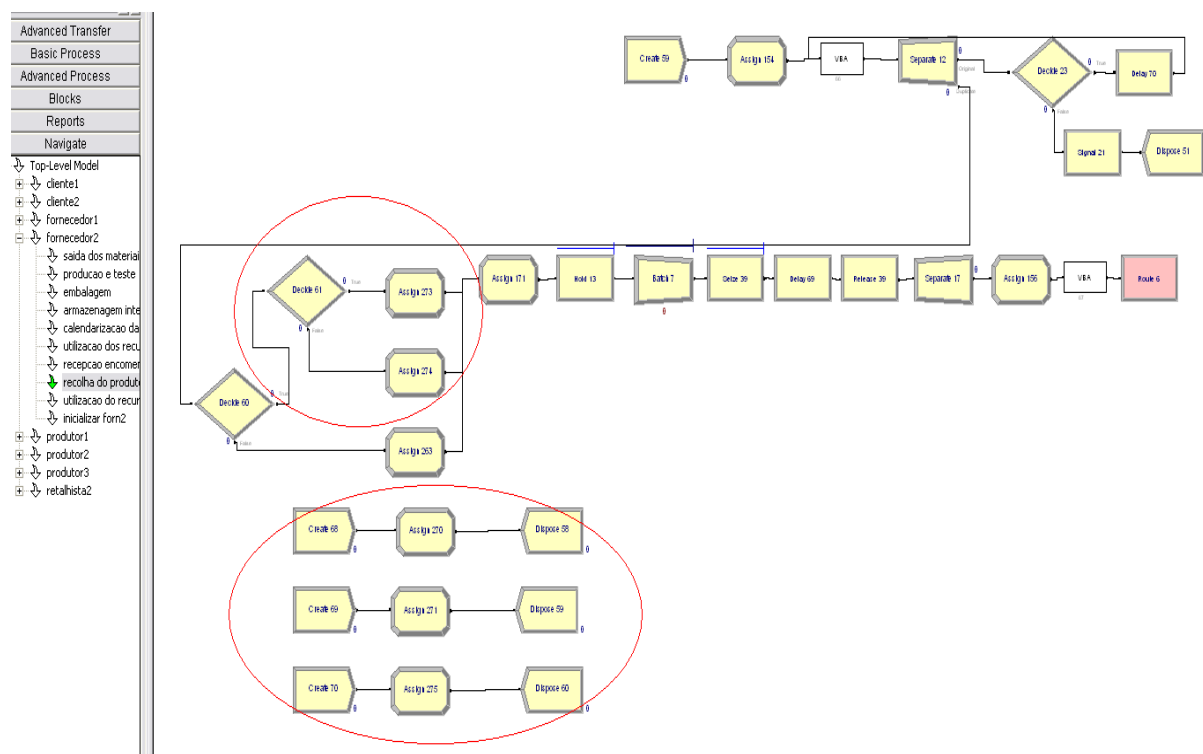


Figura 3.11 – Layout do plano de mitigação ao nível do recurso entrega do fornecedor 2

Face à existência de um distúrbio, o modelo foi programado para incluir o tempo de duração do efeito deste. Neste caso e face à existência de um distúrbio, o modelo é programado para activar o plano de mitigação, assim como o tempo de duração do efeito do mesmo. Assim pode-se afirmar que o plano de mitigação é activado se existir a ocorrência de um distúrbio.

Com base na programação realizada, conforme se apresenta na Figura 3.12, o módulo “Decide” verifica se existe ou não plano de mitigação. Criou-se a variável “mitigacaoform2” no módulo “Assign” e uma condição que é o factor decisor. Se a variável “mitigacaoform2” assumir o valor 1, ter-se-á uma situação em que o plano de mitigação é activado. Caso contrário, o plano de mitigação não é activado.

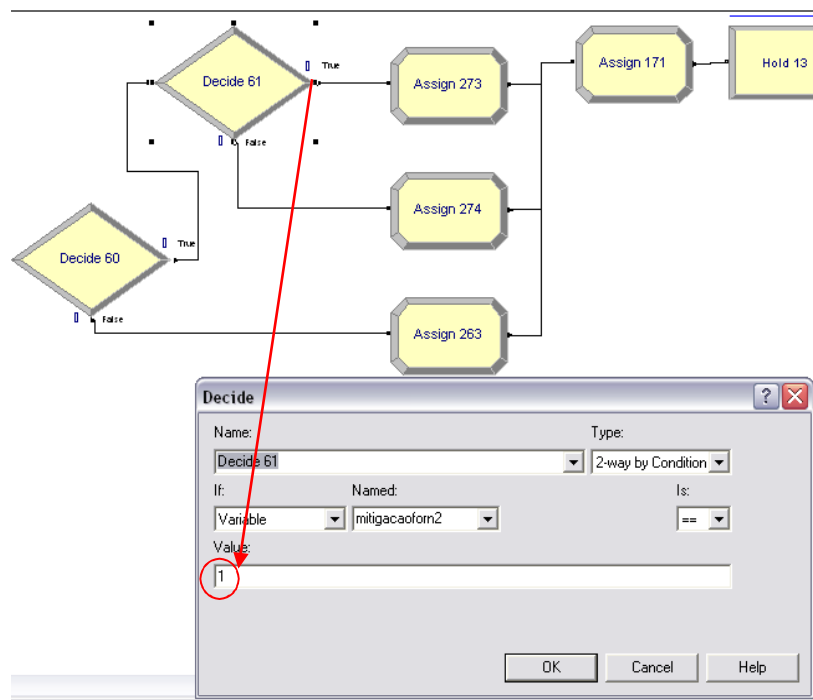


Figura 3.12 - Programação do decisor relativo à activação ou não do plano de mitigação no modelo de simulação

O módulo “Assign”, como se apresenta na Figura 3.13, permite modelar o tempo de duração do efeito do plano de mitigação, ou por outras palavras, o tempo de entrega do membro da cadeia quando ocorre um distúrbio e o plano de mitigação é activado. É criado um atributo, que corresponde ao tempo de entrega, cujo valor se pretende alterar. Desta forma, o modelo assume o valor do tempo de entrega introduzido no módulo em questão (neste caso, e para o explicitar, utiliza-se o valor genérico “x”). Quando não existe plano de mitigação, o modelo assume o valor *default* do tempo de duração do efeito do distúrbio.

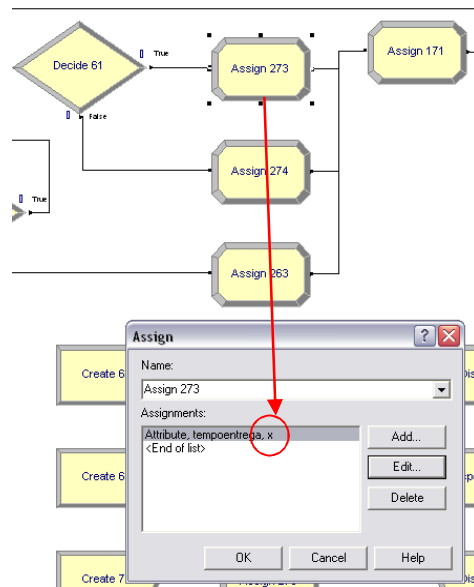


Figura 3.13 - Programação do tempo de duração do efeito do plano de mitigação no modelo de simulação

O tempo de duração do plano de mitigação, à semelhança do tempo de duração do distúrbio, é programado no *software* ARENA através dos módulos “Create”, “Assign” e “Dispose”. Esta informação pode ser visualizada na Figura 3.14.

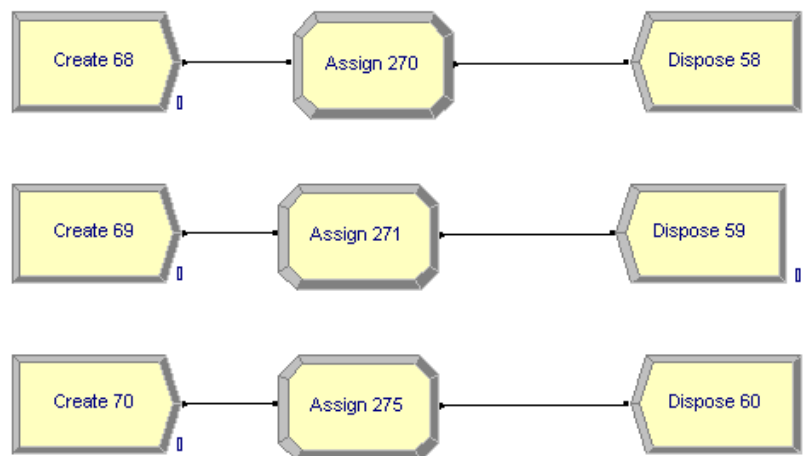


Figura 3.14 – Programação do início e fim da injeção do plano de mitigação no modelo de simulação

Para efeitos de análise de resultados, os primeiros 20 valores serão retirados, porque correspondem ao *warm-up period*. O início do plano de mitigação pode ocorrer em simultâneo com o início do distúrbio (5ºdia), ou pode ocorrer posteriormente (entre o 6º e o 10ºdia). Este tempo é definido em cada cenário e é baseado nas especificações do plano de mitigação introduzido. O fim do plano de mitigação ocorre sempre ao 10ºdia, já que a duração do distúrbio termina no mesmo período.

O módulo “Create” permite programar o tempo entre chegadas. Neste módulo são criadas novas entidades, cujo intervalo de tempo entre chegadas é constante (1). São criadas novas entidades de 1 em 1 segundo (2) e (3). O número máximo de entidades criadas é 1 (4). Neste módulo é programado o início do plano de mitigação (5). Esta informação é apresentada na Figura 3.15. De realçar, que no caso genérico, considera-se que o início do plano de mitigação ocorre no mesmo dia do início do distúrbio (5ºdia).

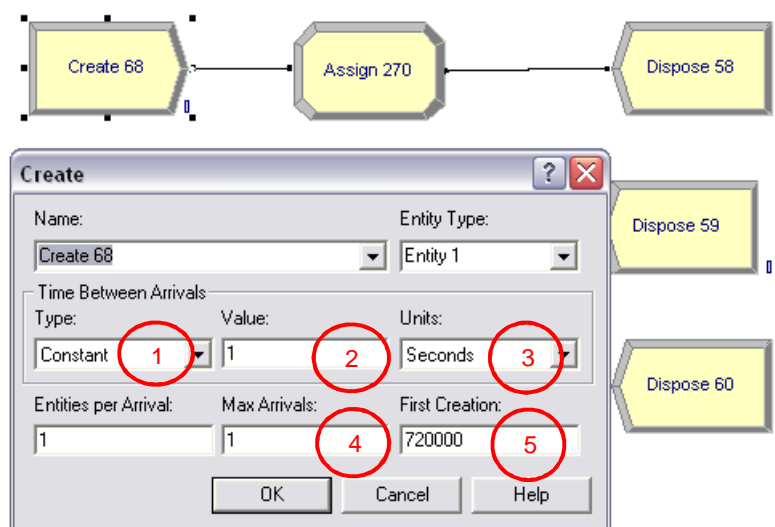


Figura 3.15 - Programação do início da injeção do plano de mitigação no modelo de simulação

O raciocínio utilizado para programar o início do plano de mitigação é válido para a programação do fim do plano de mitigação, que por sua vez, coincide com o fim do distúrbio (10ºdia). Esta informação é apresentada na Figura 3.16.

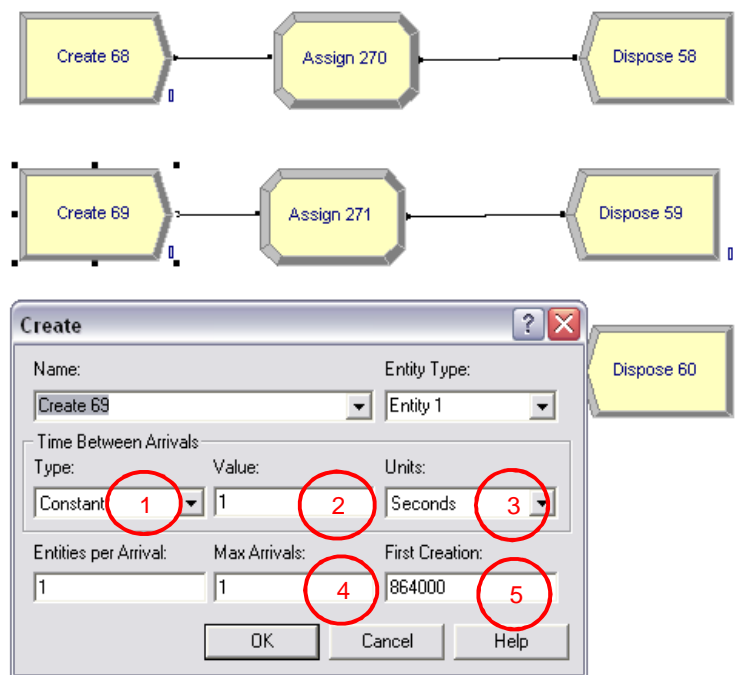


Figura 3.16 - Programação do fim da injeção do plano de mitigação no modelo de simulação

3.3 Modelação Difusa

No Capítulo 4, será analisado um cenário, onde a lógica difusa será incluída na modelação do distúrbio. O distúrbio considerado será a avaria do equipamento. A avaria do equipamento é traduzida através da lógica difusa porque a sua gravidade pode ser transmitida através das variáveis linguísticas: ***muito ligeira***, ***ligeira***, ***média***, ***grave*** e ***muito grave***. Os tempos de produção associados a cada nível de severidade da avaria do equipamento são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Relação entre o tempo de produção e a gravidade da avaria do equipamento em utilização

Gravidade da avaria do equipamento em utilização (Variável linguística)	Tempo produção (minutos)	Membros da CA afectados	Número de períodos em que os membros da CA são afectados (não entregam ou entregam com atraso) (em 10 períodos)	
			Produtor 2	Produtor 3
Sem avaria	{3,23 / 0; 3,4 / 1; 3,808 / 0}	--	--	--
Muito Ligeira	{3,5 / 0; 5 / 1; 6,5 / 0}	Produtor 2	1	--
Ligeira	{5,5 / 0; 7 / 1; 8,5 / 0}	Produtor 2	3	--
Média	{7,5 / 0; 9 / 1; 10,5 / 0}	Produtor 2 e Produtor 3	4	1
Grave	{9,5 / 0; 11 / 1; 12,5 / 0}	Produtor 2 e Produtor 3	5	2
Muito Grave	{11,5 / 0; 13 / 1; 14,5 / 0}	Produtor 2 e Produtor 3	6	3

O critério de diferenciação entre a gravidade das avarias foi definido com base no número de períodos que o distúrbio afecta os membros constituintes da CA. Relembrando que a avaria ocorre ao nível do produtor 2, no caso de a avaria do equipamento ser muito ligeira ou ligeira, esta não possui repercussões ao nível do produtor 3. A partir de uma severidade média, a avaria do equipamento possui repercussões ao nível do produtor 3. No caso de a avaria ser muito ligeira, o produtor 2 apresenta um período de instabilidade no seu desempenho, que se traduz num período em que não efectua a entrega das encomendas no período acordado. Por outro lado, se a avaria do equipamento for ligeira, o produtor 2 apresenta instabilidade no seu comportamento durante 3 períodos. O número de períodos em que os membros da CA apresentam instabilidade aumenta à medida que a severidade da avaria aumenta, como se pode apresentar na Tabela 3.5, anteriormente referida.

O tempo de produção, de acordo com a gravidade da avaria, irá assim aumentar, de acordo com as variáveis linguísticas que se apresentarão na Figura 3.17.

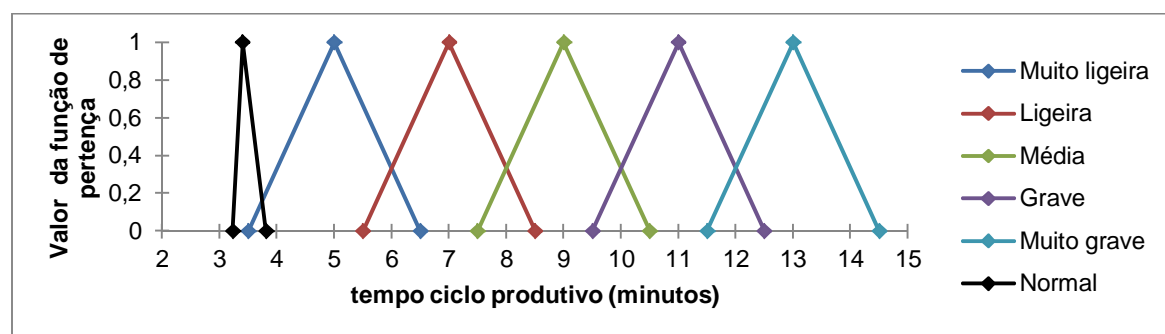


Figura 3.17 – Representação de funções de pertinência para conjuntos difusos das variáveis linguísticas Normal, Muito Ligeira, Ligeira, Média, Grave e Muito Grave associadas ao distúrbio em análise

Em termos de modelação no *software* ARENA, o início do distúrbio será modelado da mesma forma verificada nos cenários anteriores, com a excepção do início do distúrbio ser caracterizado por uma distribuição triangular com um valor central e dois valores limite: TRIA (705600, 720000, 734400) segundos, e o final do distúrbio ser caracterizado por uma distribuição triangular com um valor central e dois valores limite: TRIA (849600, 864000, 878400) segundos.

A selecção da distribuição triangular tem a ver com o facto de ser uma distribuição que “cobre” toda a gama de valores correspondentes entre o 4º dia e o 6º dia, o que permite traduzir a expressão difusa “... cerca de 5 dias...”. A diferença entre o valor limite máximo do início do distúrbio e o valor limite mínimo do final do distúrbio é de 4 dias. Por sua vez, a diferença entre o valor limite mínimo do início do distúrbio e o valor limite máximo do final do distúrbio é de 6 dias. Os valores centrais de início e final de distúrbio são o 5º dia e o 10º dia, respectivamente.

3.4 Caracterização Casos de Estudo

Os casos de estudo considerados na presente dissertação são constituídos por cenários que diferem entre si, de acordo com o tipo de distúrbio, as medidas de controlo implementadas, as entidades e processos da CA afectadas e a variabilidade dos inputs do modelo de simulação. Nas Tabelas 3.6 e 3.7 apresenta-se a caracterização resumida dos casos de estudo considerados. Os resultados de cada cenário, bem como do cenário base, serão apresentados no capítulo 4.

Tabela 3.6 – Caracterização dos casos de estudo considerados na presente dissertação (Parte 1)

Caracterização dos casos de estudo	Cenário Base	Caso de Estudo 1		Caso de Estudo 2
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Distúrbio	-	Avaria de equipamento		Greve geral
Duração do distúrbio	-	5 dias	cerca de 5 dias	5 dias
Medidas de controlo implementadas	-	Plano de Mitigação	Plano de Contingência	
Entidades e processos da CA afectados	-	Entrega do Fornecedor 2	Produção e teste do Produtor 2	Entrega do Produtor 2
Especificações do modelo de simulação	Modelo determinístico e estocástico	Modelo determinístico	Modelo estocástico	Modelo determinístico

Tabela 3.7 – Caracterização dos casos de estudo considerados na presente dissertação (Parte 2)

Caracterização dos casos de estudo	Caso de Estudo 3		Caso de Estudo 4
	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Distúrbio	Avaria de equipamento e greve geral		Incêndio industrial
Duração do distúrbio	5 dias + 5 dias	5 dias + 5 dias	5 dias
Medidas de controlo implementadas	Plano de Mitigação	Plano de Mitigação	Plano de Mitigação
Entidades e processos da CA afectados	Entrega do Fornecedor 2 e Produtor 2	Entrega do Fornecedor 2 e Produtor 2	Saída de materiais, embalagem e armazenagem do Produtor 1
Especificações do modelo de simulação	Modelo determinístico	Modelo estocástico	Modelo estocástico

4. Análise de Resultados

No presente capítulo irá discutir-se o efeito provocado pela ocorrência de alguns distúrbios localizados a determinado nível da CA. Os distúrbios propostos encontram-se caracterizados em cada um dos cenários. Cada cenário é constituído pela ocorrência de um ou mais distúrbios que afectam um ou mais recursos de determinados membros da CA. Os eventuais planos de mitigação e/ou contingência também serão caracterizados em cada um dos cenários. Neste capítulo, o estudo associado à modelação dos distúrbios e dos planos de mitigação / contingência assenta numa base determinística e estocástica, isto é, os valores dos tempos de processamento associados aos recursos de cada membro da CA são determinísticos ou estocásticos.

As simulações efectuadas têm como objectivo verificar o comportamento de alguns indicadores de desempenho referidos no Capítulo 2, face à ocorrência de diversos distúrbios caracterizados através de casos de estudo previamente seleccionados (ver Tabelas 3.6 e 3.7). Desta forma, é possível entender a evolução da performance dos indicadores de desempenho ao longo do tempo. Os indicadores de desempenho seleccionados para análise são a percentagem de cumprimento de entrega das encomendas na data devida, a percentagem de utilização do recurso (entrega), o rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido, a percentagem de utilização do recurso afecto à produção e teste, o número de encomendas entregues com atraso e o custo total. Os resultados tabelares dos indicadores de desempenho seleccionados são apresentados nos anexos 2.1 – 2.6 e 3.1 – 3.17.

4.1 Cenário base

Na Tabela 4.1 apresenta-se o desempenho dos indicadores de desempenho referidos anteriormente, para o cenário base, em função da entidade da CA e do tipo de variabilidade do modelo de simulação. O desempenho de alguns indicadores será analisado mais pormenorizadamente, devido à existência de variabilidade no seu comportamento.

Tabela 4.1 – Desempenho de alguns indicadores de desempenho das entidades da CA (cenário base)

Entidade	Variabilidade do modelo de simulação	Indicador de desempenho	Desempenho ao longo do período de simulação	Valor
Fornecedor 1	Determinístico	% Cumprimento data devida	Constante	100%
		% Utilização do recurso (Entrega)	Constante	75%
	Estocástico	Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	0,90
		% Cumprimento data devida	Constante	100%
		% Utilização do recurso (Entrega)	Constante	81,50%
Fornecedor 2	Determinístico	Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	1
		% Cumprimento data devida	Constante	100%
	Estocástico	% Utilização do recurso (Entrega)	Constante	68,75%
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	0,85
		% Cumprimento data devida	Constante	100%
Produtor 1	Determinístico	% Utilização do recurso (Entrega)	Figura 4.1 Constante	1
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	100%
	Estocástico	% Cumprimento data devida	Constante	15,63%
		% Utilização do recurso (Entrega)	Constante	0,86
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	100%
Produtor 2	Determinístico	% Cumprimento data devida	Constante	15,90%
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	1
	Estocástico	% Cumprimento data devida	Constante	100%
		% Utilização do recurso (Entrega)	Constante	6,25%
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	0,82
Produtor 3	Determinístico	% Cumprimento data devida	Figura 4.2 Constante	6%
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	1
	Estocástico	% Cumprimento data devida	Constante	100%
		% Utilização do recurso (Entrega)	Constante	15,63%
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	0,86
	Estocástico	% Cumprimento data devida	Constante	100%
		Rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido	Constante	15,90%
			Constante	1

Relativamente ao modelo determinístico, os indicadores de desempenho mostram que a CA possui um funcionamento regular. Todos os membros da CA apresentam uma percentagem de entrega na data acordada de 100%, pelo que não existe nenhum problema relativo às entregas na data acordada. O rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido é sempre inferior a 1, para todos os membros constituintes da CA, o que permite a entrega das

encomendas num prazo mais próximo do limite acordado. As percentagens de utilização do recurso alocado à entrega apresentam valores estáveis, e são diferentes para cada membro da CA, dependendo das suas características enunciadas anteriormente.

O desempenho de alguns indicadores de desempenho, para o modelo estocástico, é apresentado nas Figuras 4.1 e 4.2.

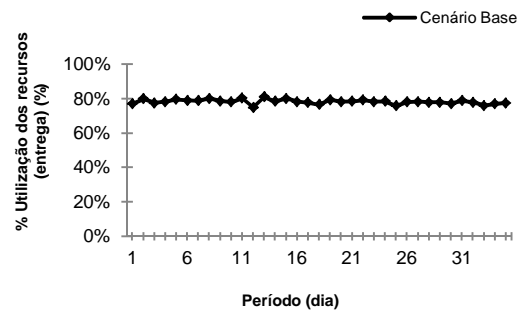


Figura 4.1 - Percentagem de utilização do recurso alocado à entrega, do fornecedor 2 – cenário base (estocástico)

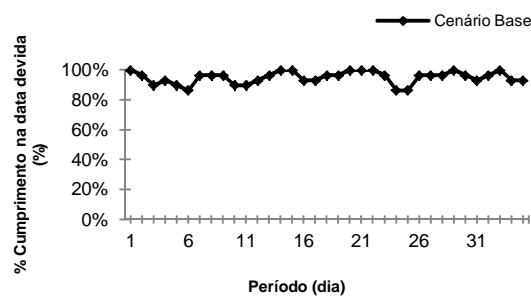


Figura 4.2 - Percentagem de cumprimento da entrega na data devida, do produtor 2 – cenário base (estocástico)

O indicador de desempenho relativo à percentagem de cumprimento na data devida do produtor 2 revela uma pequena variabilidade no processo. Contudo esta variabilidade é parte do processo de entrega, pelo que se considera que a CA funciona de um modo normal e adequado. As percentagens de utilização do recurso alocado à entrega apresentam os valores específicos para cada membro, não existindo a possibilidade de ruptura (valores são inferiores a 100%).

O modelo estocástico da CA considera-se estável, assumindo importância na medida em que a análise ao efeito provocado pelos diversos distúrbios abordados nos próximos casos de estudo, pode ser efectuada através da análise dos indicadores de desempenho, tendo como base de referência o desempenho referido.

Os casos de estudo analisados, são referidos nas Tabelas 3.6 e 3.7. A análise dos efeitos nos membros em estudo, em cada caso de estudo, e globalmente na CA após a injeção/ocorrência de um distúrbio têm como referência os indicadores de desempenho referidos no capítulo 2. Os indicadores de desempenho, após a simulação para 55 dias, apresentam-se nos anexos 3.1 e 3.2. Graficamente só são apresentados 35 valores, pois os 20 primeiros são retirados por pertencerem ao *warm-up period*, como é referido anteriormente.

Os objectivos passam por verificar qual o efeito do distúrbio nos membros constituintes da CA, o período de recuperação dos membros da cadeia que sofram alterações ao seu comportamento normal, e eventuais possibilidades para mitigar ou reduzir o risco associado.

Em cada caso de estudo, a análise incidirá sobre o comportamento dos indicadores de desempenho face à inclusão do distúrbio isoladamente e face à inclusão do distúrbio e respectivo plano de mitigação / contingência.

4.2 Caso de estudo 1

O caso de estudo é definido pela modelação de um distúrbio – **avaria de um equipamento de movimentação de materiais**. A avaria provoca efeitos ao nível das entidades da CA, em que ocorre. Esses efeitos serão identificados nos cenários 1 e 2, respectivamente.

O esquema representativo da entidade da CA, onde o distúrbio ocorre é apresentado nas Figuras 4.3 (Cenário 1) e 4.4. (Cenário 2).

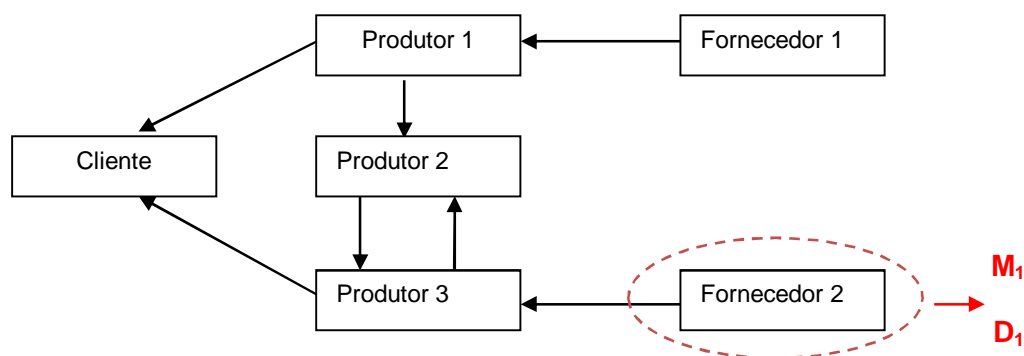


Figura 4.3 – Esquema representativo do local onde ocorre a avaria de equipamento (D_1) e o plano de mitigação (M_1) (cenário 1)

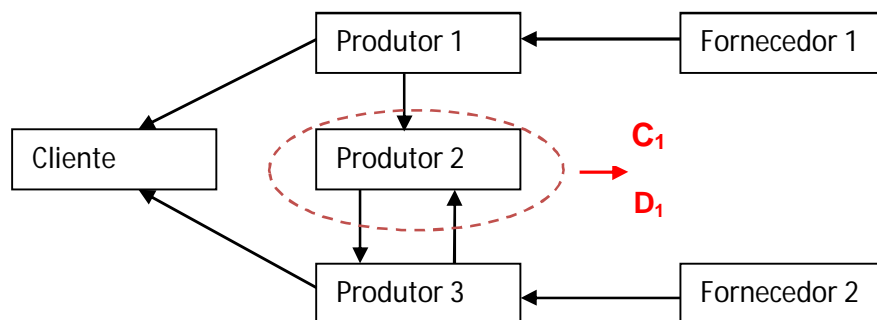


Figura 4.4 - Esquema representativo do local onde ocorre a avaria de equipamento (D₁) e o plano de contingência (C₁) (cenário 2)

4.2.1 Cenário 1

O cenário 1 é definido pela modelação do distúrbio e do plano de mitigação ao nível do recurso entrega do fornecedor 2. É importante verificar o comportamento e a reacção do fornecedor 2 face à existência de uma avaria.

Neste cenário será introduzido um distúrbio ao nível do fornecedor 2 conforme apresentado na Figura 4.3. O distúrbio é a **avaria de um equipamento de movimentação de materiais**, o qual durante 5 dias se encontra fora de serviço. Esta avaria afecta o tempo de transporte dentro das instalações do fornecedor 2. A existência deste equipamento avariado origina um aumento do tempo de transporte de 5,5 horas (tempo *default*) para 16 horas (2 dias). Assim:

$$t_d = t_{da} + t_{ded} ,$$

$$t_d = 5 \text{ dias} + 2 \text{ dias} = 7 \text{ dias}$$

em que, t_d é o tempo total de utilização do recurso que efectua a recolha do produto da armazenagem intermédia e a entrega ao cliente, t_{da} é o tempo de duração do distúrbio (avaria de equipamento) e t_{ded} é o tempo de duração do efeito que o distúrbio provoca.

Estes valores são introduzidos no submodelo de **recolha do produto da armazenagem intermédia e entrega ao cliente** (ver capítulo 2), nomeadamente, nos módulos “Assign” e “Create” referidos no capítulo 3.

Analísado o efeito do distúrbio ao nível do fornecedor 2, irá proceder-se à introdução do plano de mitigação. O objectivo deste plano de mitigação é o de atenuar os efeitos provocados pela acção do distúrbio. O plano de mitigação considerado irá actuar ao nível do fornecedor 2, conforme se apresenta na Figura 4.3. O plano de mitigação passa por **seleccionar múltiplas opções de transporte flexíveis**, nomeadamente, a substituição do equipamento em causa. O equipamento, devido à sua natureza física (grandes dimensões), é difícil de substituir. A solução encontrada passa por utilizar um equipamento substituto de dimensões mais

reduzidas, que chega às instalações do fornecedor 2 no fim do 5º dia. No início do 6º dia o equipamento substituto está operacional, mas pela sua natureza física não ser igual à do equipamento anterior, o tempo de transporte ainda é superior ao valor nominal de 5,5 horas. Esse tempo de transporte, com recurso ao equipamento substituto é de 8 horas. Esta estratégia adoptada enquadra-se nas estratégias de combate referidas no capítulo 2.

Os resultados obtidos para os diferentes indicadores de desempenho analisados, são apresentados nas Figuras 4.5 (Fornecedor 2), 4.6 (Produtor 3) e 4.7 (Produtor 2).

Fornecedor 2

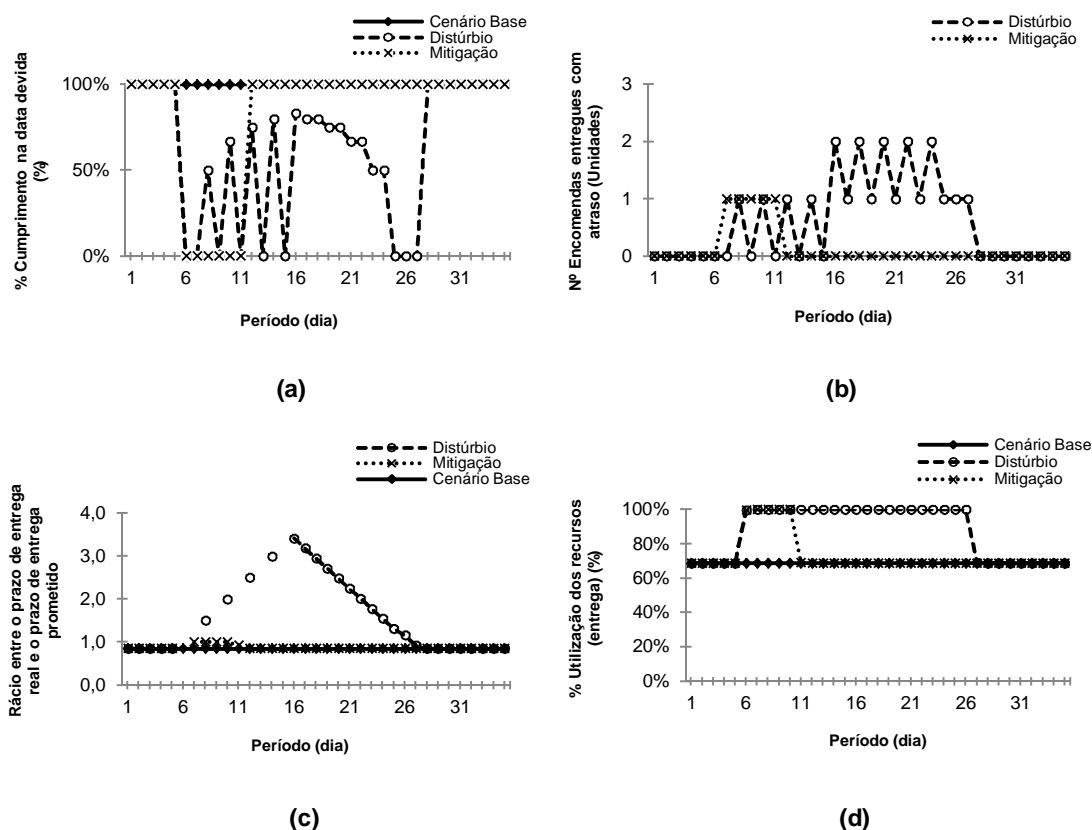


Figura 4.5 – Indicadores de desempenho do Fornecedor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)

É possível verificar que a partir do 6º dia, o fornecedor 2 entra em incumprimento, não conseguindo entregar totalmente as encomendas que possui. A partir do 28º dia, inclusive, o fornecedor 2 retoma a totalidade do cumprimento das encomendas na data devida. Por efeito do distúrbio introduzido, o fornecedor 2 demorou 22 dias úteis a recuperar totalmente do efeito do distúrbio. O decréscimo da percentagem de cumprimento das entregas na data devida, entre o 5º dia e o 6º dia é justificado pelo facto do fornecedor 2 demorar mais tempo na entrega (dois dias) e não conseguir entregar na data prometida.

No dia 7, o fornecedor 2 não efectua entregas, pelo que a percentagem de incumprimento é de 100%. No 8º dia, o fornecedor 2 entrega 1 encomenda, mas tinha acordado entregar duas: uma para o dia 7 e a outra para o dia 8, pelo que a percentagem de cumprimento é de 50%. Este padrão repete-se até ao 16º dia, momento em que o Fornecedor 2 entrega 2 encomendas, ambas com atraso.

A partir do 17º dia, o fornecedor 2 apresenta uma percentagem decrescente de cumprimento de entrega na data devida.

No 27º dia, o fornecedor 2 entrega 2 encomendas ao produtor 3, sendo 1 com atraso e a outra antecipada. A partir do 28º dia, o fornecedor 2 retoma a normalidade dos seus processos de entrega ao produtor 2.

O plano de mitigação introduzido produz alterações no comportamento do fornecedor 2. Verifica-se que no 6º dia e no 7º dia o fornecedor 2 se encontra em incumprimento total, devido à não entrega de nenhuma encomenda. Entre o 8º dia e o 11º dia o fornecedor 2 entrega 1 encomenda em atraso e já possui uma encomenda pendente, que por sua vez possui um atraso de 1 período. No 12º dia, o fornecedor 2 entrega 2 encomendas com atraso, constituindo, portanto, incumprimento para com o produtor 3. Nos dias 13 e 14, o fornecedor 2 mantém o incumprimento, retomando o cumprimento total a partir do 15º dia.

No 6º dia e no 7º dia, o fornecedor 2 não possui encomendas entregues com atraso devido ao facto de não ser capaz de efectuar a respectiva entrega. Entre o 8º dia e o 11º dia, o fornecedor 2 entrega 1 encomenda com atraso, e no 12º dia entrega 2 encomendas com atraso. O 12º dia é, portanto, o dia em que o fornecedor 2 efectua uma entrega com o número mais elevado de encomendas em atraso. A partir do 15º dia, o fornecedor 2 retoma a normalidade dos seus processos, não entregando mais nenhuma encomenda em atraso.

Inicialmente o rácio apresenta valores inferiores a 1. Isto significa que o prazo de entrega real é inferior ao prazo de entrega prometido, garantindo o cumprimento da entrega das encomendas no prazo acordado com o produtor 3. Nos períodos em que o rácio apresenta valores superiores a 1, significa que o prazo de entrega real é superior ao prazo de entrega prometido. Quanto maior for o valor do rácio, mais atrasado está o fornecedor 2 a cumprir com as suas obrigações de entrega. Nos dias 6, 7, 9, 11, 13 e 15 não existe valor de rácio porque não foram entregues encomendas nos respectivos períodos. O período onde o fornecedor 2 atinge o valor máximo de incumprimento é no período 16. O fornecedor 2 recupera ao 28º dia, o que seria de esperar, devido à estabilidade do sistema a partir desse período.

Como é apresentado, a introdução do plano de mitigação provoca um valor nulo nos valores de rácio no 6º dia e no 7º dia, pelo facto de não ter sido efectuada qualquer entrega. Entre o 8º dia e o 14º dia, o valor de rácio é superior a 1 devido ao facto do fornecedor 2 efectuar as entregas das encomendas com atraso. O atraso mais significativo nas entregas do fornecedor 2 situa-se entre o 8º dia e o 11º dia, o que corrobora a informação referida anteriormente.

A percentagem de utilização do recurso afecto à **recolha do produto da armazenagem intermédia e entrega ao cliente** é afectada pela acção do distúrbio. Esse efeito começa a ser visível ao 6º dia, passando o sistema a trabalhar na capacidade máxima a partir do 7º dia. É devido a este facto que o sistema começa a entrar em colapso. Apenas ao 27º dia, é que o sistema consegue retomar a utilização do recurso sem ser a uma capacidade máxima. Ao 28º dia, retoma a normalidade dos processos.

Com a introdução do plano de mitigação, a partir do 6º dia, verifica-se uma situação em que o fornecedor 2 utiliza o recurso afecto à entrega a uma capacidade total. Esta situação mantém-se nos dias seguintes, conseguindo o fornecedor 2 recuperar a partir do 14º dia. Esta recuperação tem a ver com o facto do fornecedor 2 passar a utilizar o recurso alocado à operação de entrega sem ser a uma capacidade total.

Produtor 3

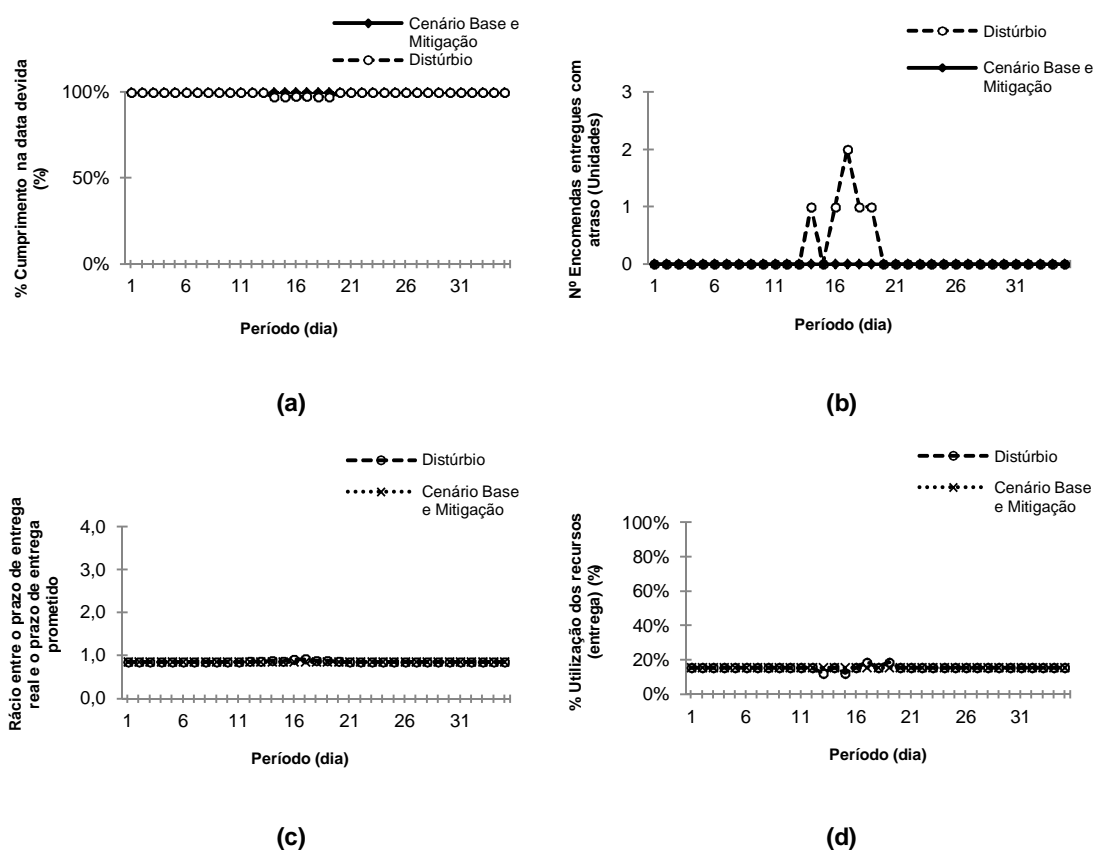


Figura 4.6 – Indicadores de desempenho do Produtor 3: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)

O comportamento do produtor 3 reflecte o trajecto final das encomendas, constituindo uma forma para verificar o efeito do distúrbio ocorrido no fornecedor 2, em relação ao cliente final (produtor 3 abastece o cliente final, assim como o produtor 1). O produtor 3, contudo, atrasa-se na entrega de algumas encomendas entre os dias 14 e 19, sendo que no período 13, o produtor 3 já não entrega uma encomenda, apesar de não se reflectir em termos da % do

cumprimento na data devida. O incumprimento verificado é para com o produtor 2, pelo que a situação não é nefasta para o cliente final.

O produtor 3 apresenta sempre um prazo de entrega real inferior ao prazo de entrega prometido, pelo que garante a fiabilidade como fornecedor do cliente final.

O número de encomendas entregues com atraso do produtor 3 é relativo ao produtor 2. Nos dias 14, 16, 17 e 19 o produtor 3 entrega uma encomenda com atraso ao produtor 2. No dia 18 entrega duas encomendas com atraso ao produtor 3. Nos dias 13 e 15 o produtor 3 não efectua entregas ao produtor 2.

A percentagem de utilização do recurso afecto à **produção e teste** não apresenta variações no seu comportamento.

A capacidade de entrega do produtor 3 ao produtor 2 sofre uma pequena alteração entre os períodos 13 e 19, devido ao incumprimento residual verificado. Essa situação contudo não é nefasta para o cumprimento dos prazos acordados com o cliente final.

A inclusão do plano de mitigação permite aferir um desempenho normal, dos indicadores de desempenho, igual ao verificado no cenário base.

Produtor 2

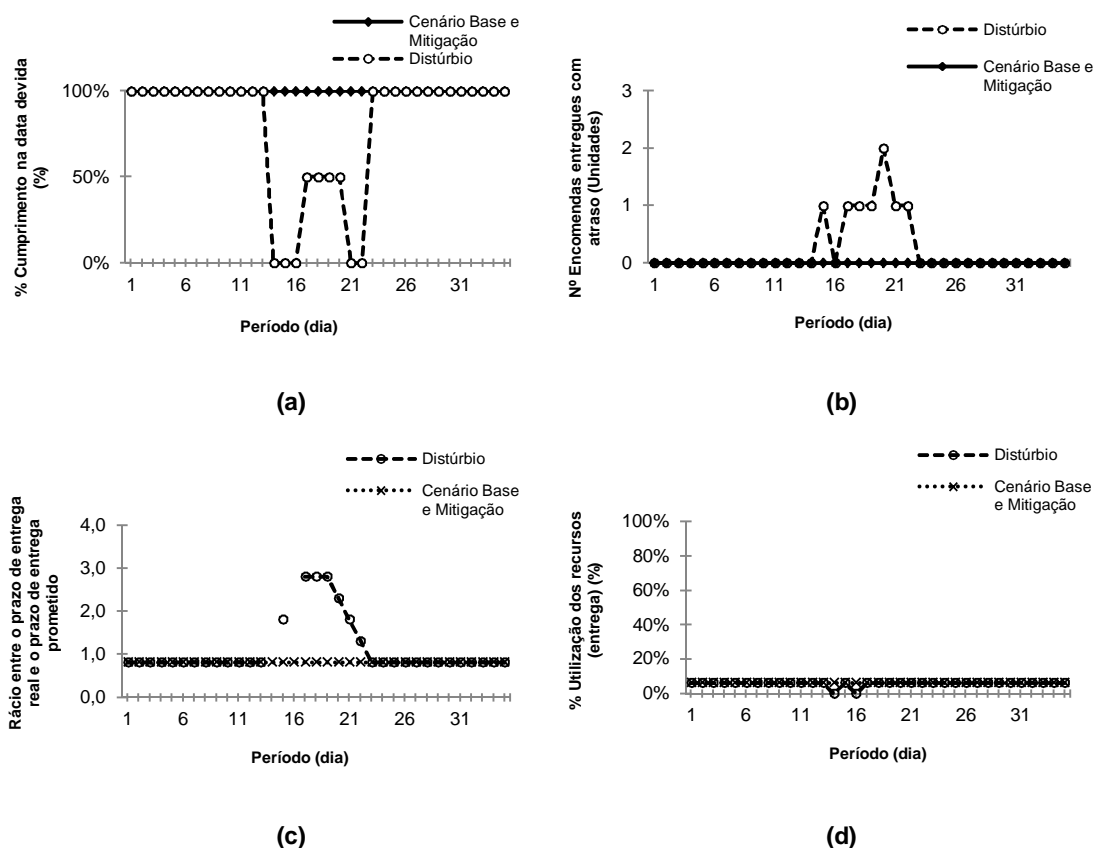


Figura 4.7 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)

O efeito do distúrbio no produtor 2 é menos severo do que o efeito verificado no fornecedor 2. O produtor 2 apresenta incumprimento entre o 14º dia e o 22º dia. A recuperação, comparativamente ao fornecedor 2, é mais rápida. Este facto tem a ver com o local da cadeia onde o distúrbio ocorre (fornecedor 2) e com o nível de *stock* existente no produtor 3 (3 dias de *stock*) e produtor 2 (1 dia de *stock*). É de realçar, no entanto, que apesar de o distúrbio ocorrer no fornecedor 2, este afecta o produtor 2.

O rácio que determina a razão entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido atinge o valor máximo nos dias 17, 18 e 19. A partir do período 19, o produtor 2 vai regularizando a situação, até atingir a normalidade no 23º dia. O produtor 2 não cumpre com as entregas estipuladas ao produtor 3, entre os dias 14 e 22, inclusive. Nos dias 14 e 16 o produtor 2 não efectua qualquer entrega. Nos restantes dias referidos, o produtor 2 entrega as encomendas com atraso.

O número máximo de encomendas entregues com atraso verifica-se ao 20º dia. A partir do 14º dia o produtor 2 começa a acumular encomendas não possuindo capacidade para as entregar na data prometida. O recurso associado ao nível da produção atinge a capacidade total no 20º dia, fazendo aumentar o tempo de ciclo, o que faz com que o produtor 2 não entregue a encomenda na data devida. A situação só é regularizada após o 23º dia. Estes valores coincidem com o rácio, o que faz sentido, pois este indicador é uma parcela da fórmula de cálculo do rácio anterior.

A capacidade de entrega do produtor 2 apresenta um desempenho regular, sendo que os valores de 0% significam que não entregou nos períodos correspondentes, por não possuir nenhuma encomenda para entregar. Esses períodos são o 14º dia e o 16º dia, o que coincide com a paragem de produção por falta de matéria-prima, e ainda com o valor máximo de incumprimento (rácio) verificado no fornecedor 2.

A inclusão do plano de mitigação permite aferir um desempenho normal, dos indicadores de desempenho, igual ao verificado no cenário base.

Relativamente ao **cenário 1**, pode concluir-se o seguinte:

O efeito propagado do distúrbio não atinge o cliente final. O produtor 3 apresenta incumprimento na entrega das encomendas na data acordada, mas esse incumprimento é relativo ao produtor 2, entre os dias 14 e 19.

O fornecedor 2 apresenta o comportamento mais crítico, pois o distúrbio ocorre a esse nível. O nível de *stock* de cada membro da cadeia está relacionado com a propagação do efeito do distúrbio.

Um aumento do tempo de distúrbio no fornecedor 2, criaria problemas ao nível do produtor 3, situação que não seria desejável para o cliente final.

A inclusão do plano de mitigação proposto apresenta alterações significativas ao comportamento dos membros da CA onde actua. Essas alterações passam pela redução dos períodos em que o fornecedor 2 está em incumprimento, o número de encomendas entregues com atraso e a percentagem de utilização do recurso afecto à actividade de entrega.

Ao nível do produtor 2 e produtor 3, o plano de mitigação permite “normalizar” o comportamento nestes membros da cadeia, sendo o efeito do distúrbio dissipado por completo. Pode-se considerar que, o plano de mitigação proposto atenua o efeito do distúrbio ao nível do fornecedor 2 e dissipa esse mesmo efeito ao nível dos produtores 2 e 3.

4.2.2 Cenário 2

O distúrbio introduzido será ao nível do produtor 2, conforme apresentado na Figura 4.4. Este cenário apresenta a particularidade de ser caracterizado através da lógica difusa, sendo o tempo de processamento dos recursos estocástico.

O distúrbio ao nível do produtor 2 é a **avaria de um equipamento de produção de bens**, o qual durante cerca de 5 dias pode ser caracterizado por diferentes níveis de gravidade de avaria. Esta avaria do equipamento de produção de bens implica a utilização de um equipamento de substituição, que será referido posteriormente. A avaria do equipamento afecta o tempo de produção dentro das instalações do produtor 2. A gravidade da avaria é caracterizada através do aumento do tempo de produção (ver Figura 3.16).

O plano de contingência é activado a partir do momento em que o período de início de distúrbio acaba. O início do distúrbio ocorre por volta do 5º dia (modelado entre 705600 seg (4,5º dia) e 734400 seg (5,5º dia)). Desta forma o plano de contingência é activado por volta do 6º dia (modelado entre 734400 seg (5,5º dia) e 763200 seg (6,5º dia)).

O plano de contingência introduzido visa combater os efeitos provocados pela acção do distúrbio ao nível do produtor 2 e outros membros da CA (produtor 3). Sendo o distúrbio caracterizado por uma avaria no equipamento afecto ao recurso de produção (severidade entre grave e muito grave), o plano de contingência proposto visa reagir à ocorrência dessa situação. Para tal, o plano de contingência proposto consiste em **possuir um equipamento alternativo** (alocado ao recurso de produção) que permita efectuar a mesma tarefa do equipamento normal. Contudo, o equipamento alternativo não efectua a tarefa no tempo normal. Este equipamento proposto efectua a tarefa em cerca de 7 minutos. A lógica difusa está presente, desta vez, no plano de contingência proposto. Devido ao tempo de produção ser cerca de 7 minutos, pode-se assumir que segue a função triangular descrita na Figura 3.16, correspondente a uma avaria ligeira.

Em termos de *software*, esta nova informação é introduzida no submodelo de **produção e teste** (ver capítulo 3) do produtor 2.

Os resultados obtidos para os diferentes indicadores de desempenho analisados, são apresentados nas Figuras 4.8 (Produtor 2) e 4.9 (Produtor 3).

Produtor 2

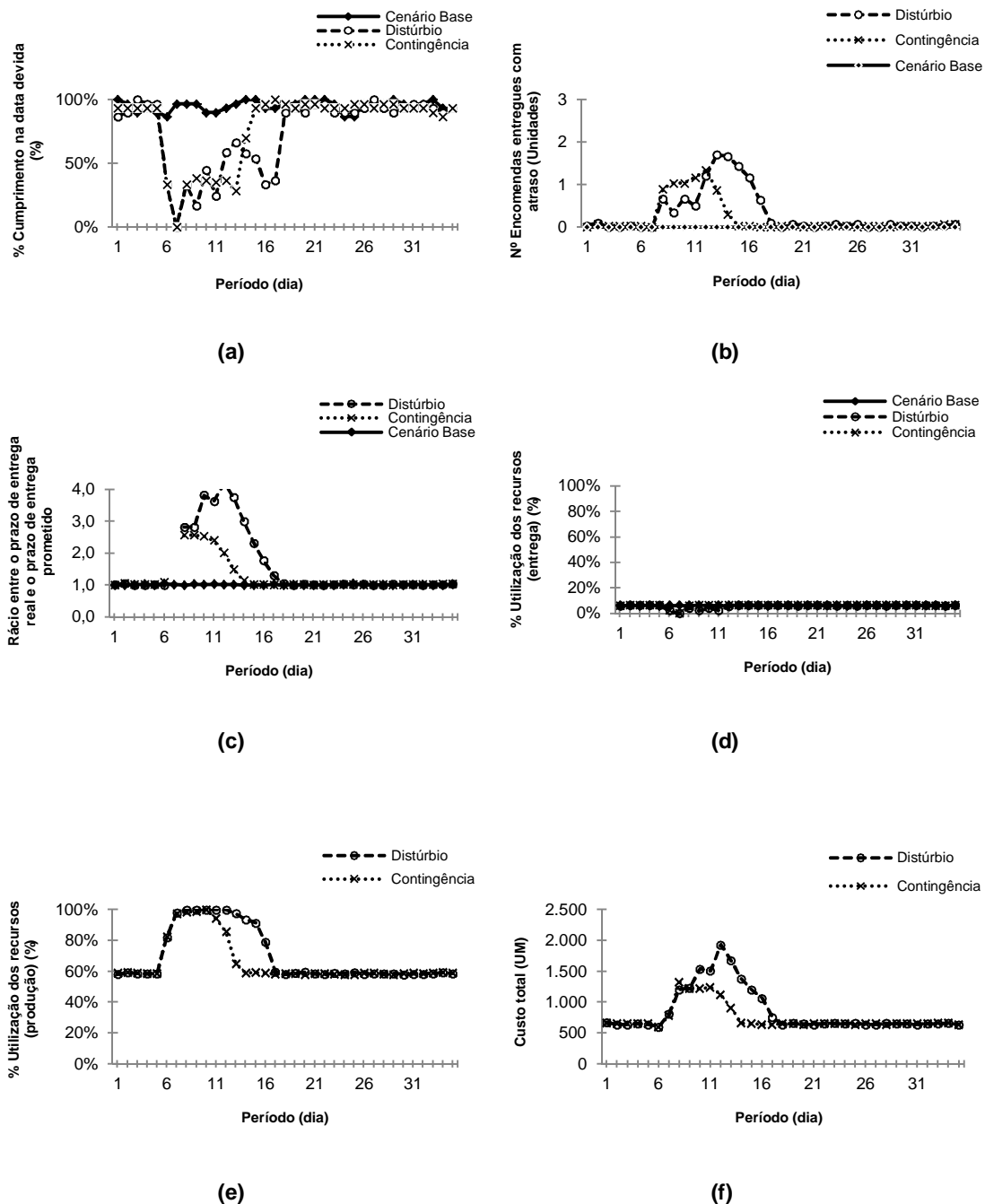


Figura 4.8 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção), (f) Custo total

Considera-se normal uma percentagem de cumprimento das entregas na data devida aos valores superiores a 80%, derivado do facto do modelo ser estocástico, e portanto, apresentar uma variabilidade associada aos resultados. Por acção do distúrbio, após o 5º dia (exclusive)

verifica-se um decréscimo na percentagem de cumprimento das entregas na data devida. O 7º dia apresenta-se como o período em que não é efectuada qualquer entrega. O distúrbio verificado provoca o seu efeito mais severo no 7º dia. Entre o 7º dia (exclusive) e o 18º dia (exclusive) o produtor 2 apresenta instabilidade na percentagem de cumprimento das entregas devido ao número de encomendas que possui em atraso. O facto de não possuir capacidade para entregar todas as encomendas na data devida provoca este comportamento. A partir do 18º dia (inclusive), o produtor 2 retoma a normalidade do seu processo de cumprimento de entregas na data devida, pelo que a acção do distúrbio teve um efeito de destabilização do comportamento relativo à percentagem de encomendas entregues com atraso de 12 períodos (entre o 6º dia e o 18º dia).

Com a introdução do plano de contingência, a percentagem de cumprimento das entregas na data devida, do produtor 2, apresenta um comportamento algo irregular pelo facto do equipamento alocado à operação de produção e teste não possuir um tempo nominal semelhante ao equipamento padrão. Desta forma, no 7º dia, o produtor 2 não efectua nenhuma entrega. Entre o 8º e o 13º dias, o produtor 2 possui uma percentagem de cumprimento de 30%, para com o produtor 3. A partir do 15º dia, o produtor 2 retoma a sua actividade normal. O facto da percentagem de cumprimento não ser de 100% deve-se à natureza do modelo estocástico, que apresenta uma variabilidade residual associada.

A evolução do número de encomendas entregues com atraso do produtor 2 permite constatar que apenas a partir do 8º dia (inclusive) se verifica uma situação de entrega de encomendas com atraso por parte do produtor 2. O facto de a percentagem de cumprimento das entregas (ver Figura 4.8) ser nula no 7º dia, não significa que foram entregues encomendas com atraso. Verifica-se que nesse período (7º dia) não foi efectuada qualquer entrega, pelo que não existe atraso associado à mesma. Entre o 8º dia e o 17º dia verifica-se uma situação de entrega de encomendas com atraso. O efeito do distúrbio modelado no sistema é visível nos períodos referidos. O período onde existe maior cadência de encomendas entregues com atraso situa-se entre os dias 13 e 15. A partir do 18º dia, o produtor 2 retoma a normalidade das entregas, cumprindo com os prazos estipulados com o produtor 3.

O número de encomendas com atraso do produtor 2 está relacionado com a percentagem de incumprimento. O plano de contingência origina, desta forma, uma alteração à situação anterior. No 7º dia, o produtor 2 não efectua nenhuma entrega de encomenda com atraso. Entre o 8º e o 14º dias, o produtor 2 entrega uma encomenda com atraso ao produtor 3, retomando o desempenho normal a partir do 15º dia.

O desempenho do rácio que medeia o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido permite verificar que até ao 6º dia o produtor 2 apresenta um padrão normal nos seus processos de entrega. No 7º dia não existe valor de rácio devido ao facto do produtor 2 não efectuar qualquer entrega no prazo citado. A partir deste período verifica-se uma instabilidade no desempenho do produtor 2, como é apresentado na Figura 4.8. Os valores de rácio

permitem identificar o “atraso” com que o produtor 2 efectua as entregas. Por outras palavras, aos valores de rácio superiores a 1, existe atraso associado na entrega das encomendas, pelo que quanto maior for esse valor, maior será o atraso associado à entrega da encomenda. Através desta informação é possível verificar que entre o 8º dia e o 14º dia, o produtor 2 apresenta um atraso bastante elevado na entrega das encomendas ao produtor 3. Entre o 8º dia e o 12º dia, o produtor 2 apresenta um acumular de encomendas, pelo que os valores do rácio apresentam uma tendência crescente. A partir do 12º dia, o produtor 2 começa a efectuar mais entregas em cada período, pelo que o atraso associado à entrega começa a diminuir. A estabilização, e a consequente normalização, do processo de entrega são alcançadas ao 18º dia, o que corrobora a informação referida anteriormente.

O desempenho do recurso associado à operação produtiva apresenta um comportamento normal até ao 5º dia. A partir do 6º dia, o excesso de material que o produtor 2 acumula na produção devido à acção do distúrbio provoca um aumento da percentagem produtiva. Ao 7º dia, o recurso alocado à operação de produção do produtor 2 atinge a sua capacidade máxima, o que significa que o recurso esteve a trabalhar as 8 horas (o dia todo), não permitindo a produção de mais unidades. Entre o 7º dia e o 13º dia, o produtor 2 efectua a produção a uma capacidade máxima, esgotando o recurso existente. A partir do 13º dia, o efeito do distúrbio começa a dissipar-se, provocando a diminuição da utilização do recurso associado à produção. A normalidade do processo produtivo do produtor 2 é alcançada ao 17º dia.

Com a introdução do plano de contingência, a percentagem de utilização do recurso afecto à produção está a uma capacidade máxima entre o 7º e o 13º dias, provocando uma percentagem de entrega nula no 7º dia.

A percentagem de utilização dos recursos associados à operação de entrega do produtor 2 apresenta valores muito reduzidos em condições normais (na ordem dos 7%). O facto das percentagens de entrega no 9º e 11º dia serem muito reduzidas tem a ver com o facto de ser considerada uma média de 30 replicações no cálculo das percentagens apresentadas. A partir do 12º dia, o produtor 2 retoma a normalidade dos processos associados à operação de entrega para o produtor 3.

O produtor 2 apresenta um custo estabilizado associado às operações que efectua até ao 6º dia. A partir do 7º dia (inclusive), por acção do distúrbio, existem encomendas que não são entregues, outras entregues com atraso e a capacidade produtiva atinge o valor máximo, pelo que todos estes factores conjugados entre si originam a existência de um custo associado ao trabalho em curso (*work in progress*). A parcela associada a este material, que incorpora as operações de entrega e produção faz aumentar abruptamente o valor do custo associado ao produtor 2, atingindo o pico máximo no dia 12. A partir do 12º dia (exclusive), o produtor 2 retoma a recuperação dos seus processos de entrega e produção, pelo que o custo total diminui até ao valor estável que se verificava até ao 6º dia. A recuperação económica, em termos de custos associados ao produtor 2, é alcançada ao 18º dia.

O plano de contingência altera o comportamento do indicador relativo ao custo total do produtor 2. O custo total do produtor 2 atinge o pico ao 12º dia, o que sugere um acumular de matéria-prima nas suas instalações, aumentando assim os custos de posse associados. A partir desse momento, o produtor 2 consegue retomar a normalidade da sua actividade (15º dia), originando um retomar dos custos nominais ao 18º dia.

Produtor 3

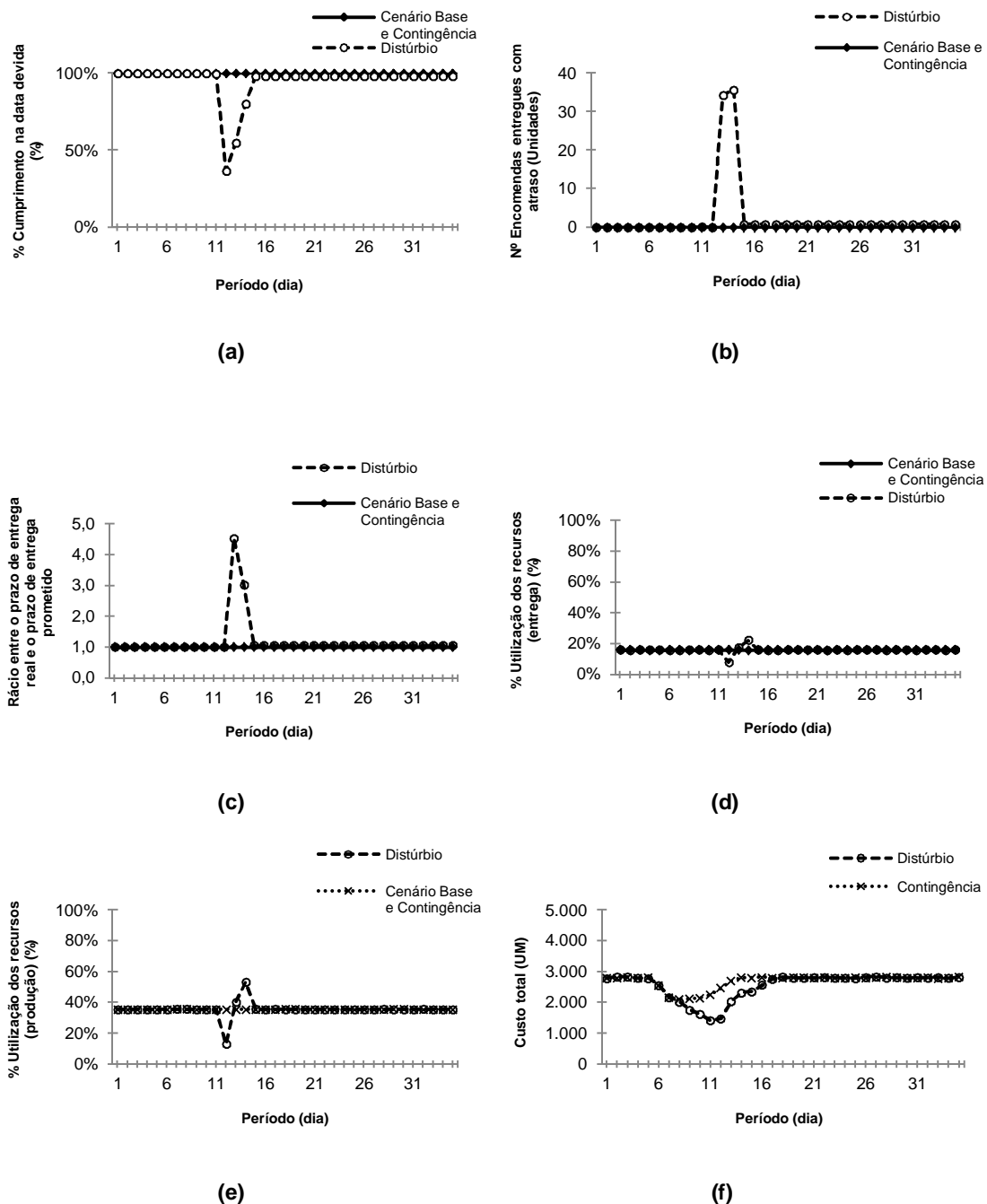


Figura 4.9 – Indicadores de desempenho do Produtor 3: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção), (f) Custo total

O desempenho do produtor 3, em função da percentagem de cumprimento da entrega das encomendas na data acordada apresenta valores totais de cumprimento até ao 11º dia (inclusive). A acção do distúrbio só tem impacto a partir do 12º dia, no produtor 3, devido ao facto de este possuir *stock* para 3 dias. A partir do 12º dia (inclusive), a acção do distúrbio ocorrido ao nível do produtor 2 atinge o produtor 3. A percentagem de cumprimento do produtor 3 diminui até valores próximos de 40%. Entre o 12º dia e o 15º dia (exclusive), o produtor 3 apresenta valores de incumprimento, que não sendo totais, são valores que não permitem a entrega das encomendas na data acordada para com o cliente final. A partir do 15º dia (inclusive), o produtor 3 retoma a normalidade dos seus prazos de entrega para com os 2 membros que possui parcerias (produtor 2 e cliente final).

O número de encomendas entregues com atraso está directamente relacionado com a percentagem de cumprimento da entrega das encomendas na data acordada. Nos dias 13 e 14, o produtor 3 efectua, aproximadamente, a entrega de 40 encomendas com atraso ao cliente final, por acção do distúrbio ocorrido ao nível do produtor 2. A partir do 15º dia (inclusive), o produtor 3 retoma a normalidade das entregas, pelo que o incumprimento verificado na entrega de encomendas com atraso abrange 2 períodos (13º dia e 14º dia).

O rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido apresenta valores anormais nos períodos 13 e 14. Pelo facto de nos períodos referidos ocorrer a entrega de encomendas com atraso do produtor 3 para com o cliente final, o valor do rácio apresenta valores superiores a 1, que indicam que o prazo de entrega real foi superior ao prazo de entrega prometido. No 13º dia o rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido é superior ao verificado no 14º dia. Após o 15º dia, o produtor 3 apresenta um desempenho normal relativamente às suas obrigações relativas a operações de entrega.

A percentagem de utilização do recurso afecto à operação de produção apresenta variabilidade entre o 12º dia (inclusive) e o 14º dia (inclusive). O decréscimo da produção no 12º dia, deve-se à existência de material por receber derivado do distúrbio ocorrido ao nível do produtor 2. O aumento da produção do produtor 3 ao 13º e 14º dia, deve-se ao facto de o produtor 2 recuperar a partir do 12º dia, e desse modo enviar mais material para o produtor 3, o que faz com que este aumente ligeiramente a sua capacidade produtiva. A normalidade do processo de produção do produtor 3 é alcançada ao 15º dia.

O facto do produtor 3 apresentar um decréscimo na capacidade de entrega ao 12º dia está relacionado com o facto de não efectuar produção nesse período. No 14º dia, o produtor 3 entrega a totalidade das encomendas que possui em atraso para com cliente final e ainda a encomenda respectiva ao próprio período, pelo que o valor da percentagem de entrega aumenta ligeiramente. Após o 15º dia (inclusive), o produtor 3 retoma a normalidade dos processos.

O custo total do produtor 3, a partir do 5º dia, decresce devido ao decréscimo do custo de posse dos materiais. Este decréscimo deve-se ao facto do produtor 3, possuir menos matéria-

prima em *stock*, e como tal, o custo de posse decresce. A partir do 12º dia verifica-se uma tendência de retorno aos valores originais de *stock*, o que indicia a recuperação do produtor 3. A partir do 17º dia, o produtor 3 apresenta os valores padrão associados ao custo, o que indica a existência das unidades definidas em *stock*.

A introdução do plano de contingência, elimina os efeitos do distúrbio, verificando-se apenas uma pequena variação no custo total do produtor 3.

O custo total do produtor 3 apresenta uma ligeira descida entre o 7º e o 13º dias devido ao facto do produtor 2 apresentar incumprimento nas entregas durante este período. O produtor 3 possui 3 dias de *stock* e não recebe matéria-prima do seu fornecedor (produtor 2). Deste modo, o produtor 3 tem que utilizar o seu *stock* de segurança para produzir durante os períodos em que não recebe matéria-prima. A combinação destes factores faz com que o produtor 3 não receba as encomendas planeadas, não possuindo por isso o respectivo custo de posse associado às mesmas.

Relativamente ao cenário 2 conclui-se que o período de recuperação do produtor 2 (membro da CA onde é introduzido o distúrbio) é de 10 dias. Após a introdução do plano de contingência, o período de recuperação do produtor 2 é de 7 dias. O produtor 3 não é afectado pela acção do distúrbio, após a inclusão do plano de contingência, verificando-se apenas uma pequena variação no indicador relativo aos custos totais.

Geralmente, constata-se que a inclusão de planos de mitigação e de planos de contingência permite minimizar o efeito dos distúrbios introduzidos nos diferentes membros da CA, dissipando o efeito em alguns membros da CA.

Os períodos de recuperação diferem consoante o modelo em estudo. O período de recuperação dos membros da CA que sofram o efeito do distúrbio é menor no modelo determinístico relativamente ao modelo estocástico, devido ao facto do modelo estocástico apresentar variabilidade inerente aos próprios processos. Esse facto constitui um factor de majoração do efeito do distúrbio.

4.3 Caso de estudo 2

O caso de estudo é definido pela modelação de um distúrbio – **greve do pessoal afecto à unidade de entrega**. A avaria provoca efeitos ao nível das entidades da CA, em que ocorre. Esses efeitos serão identificados no cenário 3.

O esquema representativo da entidade da CA, onde o distúrbio ocorre é apresentado na Figura 4.10.

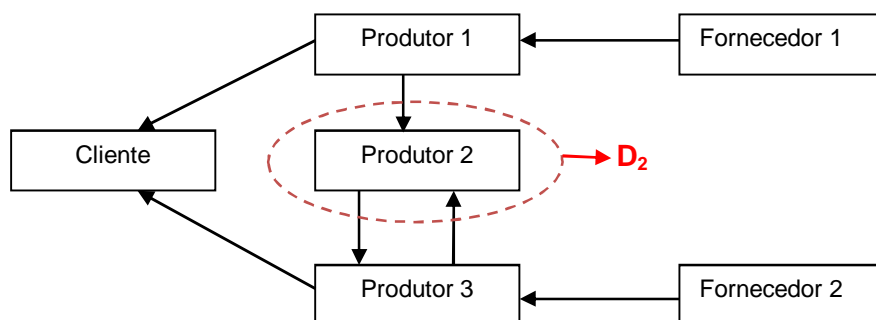


Figura 4.10 – Esquema representativo do local onde ocorre a greve do pessoal (D_2)

4.3.1. Cenário 3

O cenário 3 é definido pela modelação do distúrbio ao nível do recurso entrega do produtor 2. É importante verificar o comportamento e a reacção do produtor 2 face à ocorrência de uma greve de pessoal.

Neste cenário será introduzido um distúrbio ao nível do produtor 2, conforme apresentado na Figura 4.10. O distúrbio está relacionado com uma **greve do pessoal afecto à unidade de entrega**, o qual durante 5 dias se mantém em greve. Esta avaria afecta o tempo de transporte dentro das instalações do produtor 2. A greve não apresenta uma adesão de 100%, pelo que continua a ser possível efectuar as operações de transporte. Este facto origina um aumento do tempo de transporte de 5,5 horas (tempo *default*) para 8 horas (1 dia). Assim:

$$t_d = t_{d_d} + t_{d_{ed}},$$

$$t_d = 5 \text{ dias} + 1 \text{ dia} = 6 \text{ dias}$$

Estes valores são introduzidos no submodelo de **recolha do produto da armazenagem intermédia e entrega ao cliente** (ver capítulo 3), nomeadamente, nos módulos “Assign” e “Create” referidos no presente capítulo.

Os resultados obtidos para os diferentes indicadores de desempenho analisados, são apresentados na Figura 4.11.

Produtor 2

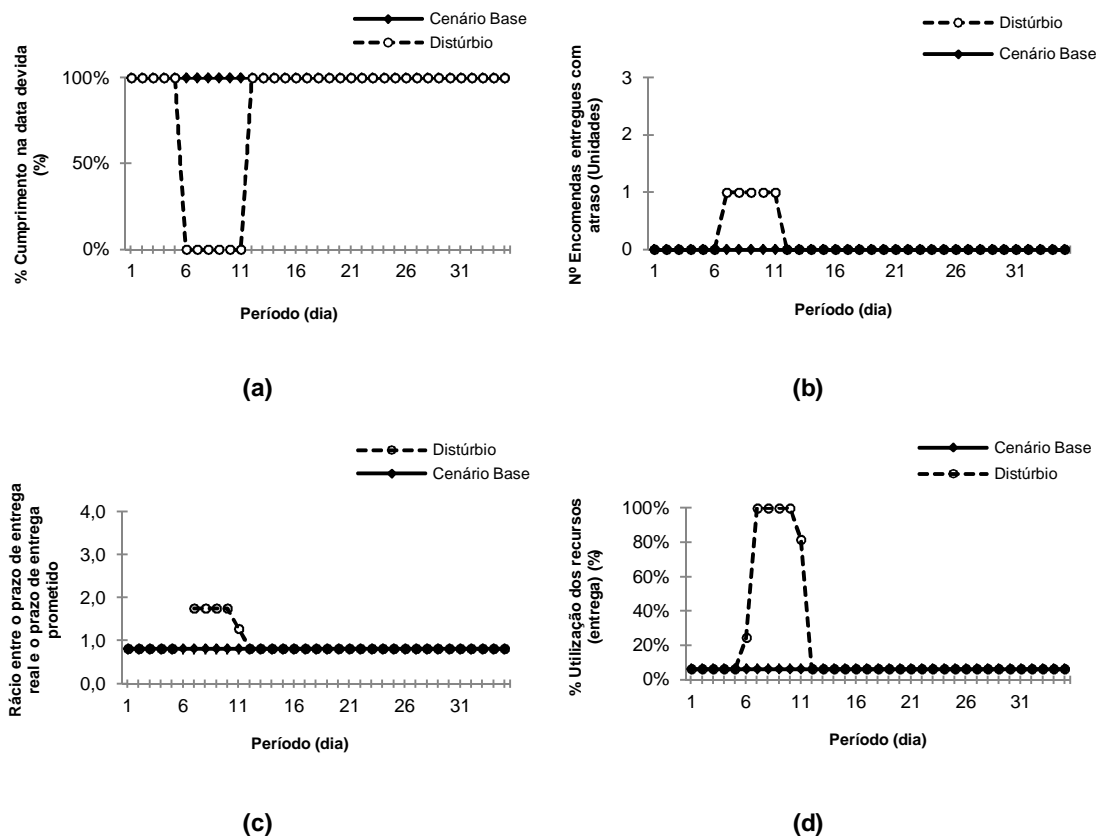


Figura 4.11 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega)

É possível verificar que o distúrbio provoca um incumprimento nas entregas a efectuar entre os períodos 6 e 11, inclusive. Esse incumprimento verificado pode ser devido ao facto do produtor 2 não entregar as encomendas ou entregá-las com atraso. Essa informação é apresentada na Figura 4.11a. A partir do 12º período, a situação retoma a normalidade, permitindo ao produtor 2 entregar as encomendas na data devida.

O produtor 2 não apresenta mais nenhum período de incumprimento, após a recuperação do efeito nefasto provocado pelo distúrbio.

No 6º dia, nenhuma encomenda foi entregue com atraso, pelo facto do produtor 2 não ser capaz de entregar a mesma, devido à saturação do recurso associado à operação de entrega. Entre o 7º e o 11º período, o produtor 2 entrega uma encomenda em atraso, devido ao efeito provocado pelo distúrbio anteriormente referido. O produtor 2 retoma o seu cumprimento normal a partir do 12º período.

Pelo facto do produtor 2 apresentar valores de rácio superiores a 1, entre o 7ºdia e o 11ºdia, o prazo de entrega real é superior ao prazo de entrega prometido. Este facto significa que se verifica incumprimento nos períodos anteriormente referidos. O facto de no 6ºdia não existir valor de rácio indica que nenhuma encomenda foi entregue no respectivo período.

A inclusão do distúrbio ao nível do recurso afecto à entrega provoca alterações no comportamento do recurso em análise. No 6ºdia a percentagem de utilização aumenta para próximo dos 25%.

Nos períodos seguintes (7º - 10º) os recursos afectos à entrega do produtor 2 estão a funcionar a uma capacidade total.

No período 11 a percentagem de utilização ainda é elevada, situando-se na ordem dos 80%, para posteriormente, no período 12, retomar a sua percentagem normal de utilização.

Após este período de instabilidade, o produtor 2 não apresenta qualquer alteração no seu comportamento.

O produtor 2 não apresenta alterações na percentagem de utilização do recurso afecto à unidade produtiva. O distúrbio considerado actua ao nível da entrega, pelo que a unidade produtiva mantém o seu funcionamento normal.

O produtor 3 não apresenta alterações ao nível dos indicadores de desempenho, pelo que se conclui que o distúrbio ocorrido ao nível do produtor 2 não tem impacto no produtor 3.

O facto do distúrbio apresentado ao nível do produtor 2 não apresentar alterações significativas ao nível dos indicadores de desempenho e não possuir impacto ao nível dos indicadores de desempenho do produtor 3 (relaciona-se directamente com o cliente final) não justifica a inclusão de um plano de mitigação.

Relativamente ao **cenário 3**, pode concluir-se o seguinte:

O efeito provocado pelo distúrbio só é visível no produtor 2. O produtor 3 não apresenta qualquer alteração ao seu comportamento nominal.

O período temporal associado ao efeito do distúrbio (8 horas), não destabiliza muito o produtor 2. As actividades que o produtor 2 efectua são afectadas maioritariamente entre o 6º e o 11º dia, que é, sensivelmente, o período em que o distúrbio está a ser injectado no modelo de simulação (entre o 5º e o 10º dia).

O período de recuperação do produtor 2 é bastante curto. O produtor 2, a partir do momento em que sofre o efeito do distúrbio (5ºperíodo), demora apenas 7 períodos a recuperar a normalidade dos seus processos associados à entrega.

Como já foi referido, o efeito do distúrbio não contempla o produtor 3, pelo que o cliente final, não terá quaisquer tipos de adversidades, em ser fornecido pelo produtor 1 e 3.

Um aumento do tempo de distúrbio (composto pelo tempo de duração do distúrbio e o tempo de duração do efeito do distúrbio), provavelmente, aumentaria a severidade provocada pelo mesmo.

4.4 Caso de estudo 3

O caso de estudo é definido pela modelação de dois distúrbios – **avaria de um equipamento de movimentação de materiais e greve do pessoal afecto à unidade de entrega**. A avaria e a greve provocam efeitos ao nível das entidades da CA, em que ocorrem. Esses efeitos serão identificados nos cenários 4 e 5. A diferença entre o cenário 4 e 5 reside na variabilidade do modelo de simulação: no cenário 4, o modelo de simulação é determinístico e no cenário 5, por sua vez, o modelo de simulação é estocástico.

O esquema representativo da entidade da CA, onde os distúrbios ocorrem é apresentado nas Figura 4.12 e 4.13. De referir que o cenário 4 e 5 serão uma junção dos casos de estudo 1 (cenário 1) e caso de estudo 2, na medida em que se coloca o distúrbio referente ao fornecedor 2 e o distúrbio referente ao produtor 2, em simultâneo.

A avaria e a greve afectam o tempo de transporte como foi referido anteriormente (caso de estudo 1 e 2), através das seguintes expressões:

- Avaria de um equipamento:

$$t_d = t_{da} + t_{ded} ,$$
$$t_d = 5 \text{ dias} + 2 \text{ dias} = 7 \text{ dias}$$

- Greve do pessoal:

$$t_d = t_{da} + t_{ded} ,$$
$$t_d = 5 \text{ dias} + 1 \text{ dia} = 6 \text{ dias}$$

Serão incluídos planos de mitigação, posteriormente, para verificar o efeito provocado ao nível dos indicadores de desempenho das entidades constituintes da CA. Os planos de mitigação considerados irão actuar ao nível do fornecedor 2 e produtor 2, conforme á apresentado na Figura 4.12.

O plano de mitigação, no caso do fornecedor 2, passa por **seleccionar múltiplas opções de transporte flexíveis**, nomeadamente a substituição do equipamento em causa (à semelhança do caso de estudo 1). No caso do produtor 2, a opção do plano de mitigação a adoptar passa por **standardizar os processos**, de forma a permitir a contratação de uma empresa *outsourcing* que garanta a realização das actividades.

Estes valores são introduzidos no submodelo de **recolha do produto da armazenagem intermédia e entrega ao cliente** (ver capítulo 3) de ambos os membros da CA (fornecedor 2 e produtor 2), à semelhança dos casos de estudo anteriores.

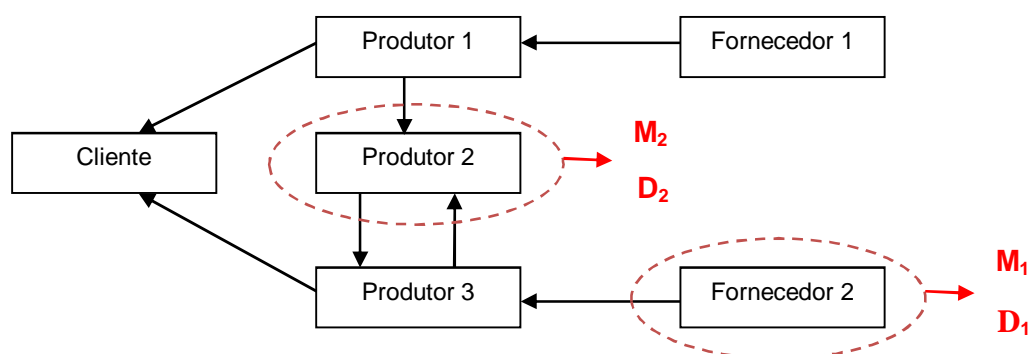


Figura 4.12 – Esquema representativo do local onde ocorre a avaria de equipamento (D_1), a greve do pessoal (D_2) e respectivos planos de mitigação (M_1) e (M_2) (Cenário 4 e 5)

4.4.1 Cenário 4

Relativamente ao desempenho do fornecedor 2, pelo seu *design* na CA, o efeito verificado é igual ao efeito verificado no cenário 1. O tempo de distúrbio do cenário 4 é o mesmo do cenário 1, pelo que os efeitos verificados no fornecedor 2 são os mesmos. A análise gráfica destes dados pode ser visualizada no presente capítulo, e os dados tabelares são apresentados no anexo 3.1. A inclusão do plano de mitigação possui os mesmos efeitos verificados no cenário 1.

O produtor 2, contudo, apresenta resultados diferentes de qualquer cenário apresentado até este momento. O facto de ocorrer um distúrbio dentro das suas instalações, aliado ao facto da ocorrência de um distúrbio ao nível do fornecedor 2, modifica o efeito verificado no cenário 4. Apresenta-se na Figura 4.13, os resultados obtidos para os indicadores de desempenho do produtor 2, que possui a particularidade de se encontrar sob o efeito de ambos os distúrbios introduzidos neste cenário.

Produtor 2

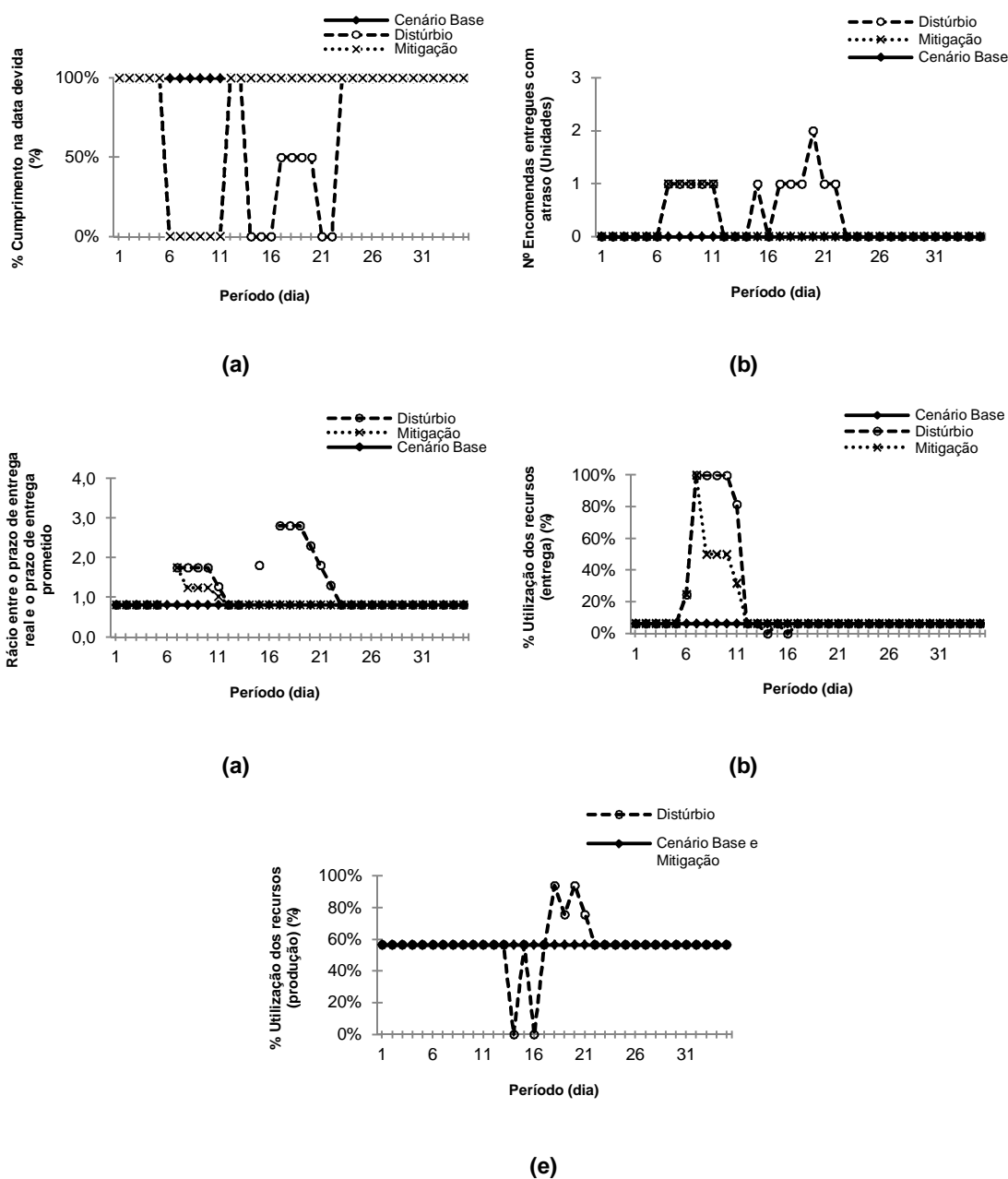


Figura 4.13 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção)

Verifica-se que o distúrbio provoca um incumprimento nas entregas a efectuar entre os períodos 6 – 11 e 14 – 22. Esse incumprimento é derivado ao facto do produtor 2 não entregar as encomendas ou entregá-las com atraso. No 6º dia, o produtor 2 não efectua qualquer entrega, constituindo incumprimento na entrega. O incumprimento verificado entre o 7º e o 10º dia deve-se ao facto do produtor 2 entregar 1 encomenda com atraso. No 11º dia, o produtor 2 entrega 2 encomendas: 1 com atraso e a outra antecipada, o que indicia a recuperação da capacidade do recurso de entrega.

A recuperação da capacidade de entrega do produtor 2 é evidente no 12º dia e 13º dia, garantindo o cumprimento total das entregas por parte do produtor 2. No 14º dia verifica-se novamente o incumprimento na entrega. Neste período, o incumprimento é devido à não entrega da encomenda. Este facto advém da paragem do recurso afecto à produção e teste e à entrega (1 recurso em ambas as actividades). No 15º dia, o produtor 2 entrega 1 encomenda com atraso, sendo visíveis os efeitos provocados pela paragem no dia anterior. Ao 16º dia, a produção e teste e a entrega param novamente, verificando-se uma situação semelhante à do 14º dia.

Entre o 17º dia e o 19º dia, o produtor 2 possui uma percentagem de cumprimento de 50%, o que indicia a entrega de uma encomenda atrasada e a existência de outra encomenda pendente que, por sua vez, também já apresenta atraso associado à sua entrega. No 20º dia, o produtor 2 entrega 2 encomendas com atraso. No 21º dia e no 22º dia, a percentagem de cumprimento retoma o valor de 0%, devido à entrega de 1 encomenda com atraso (21º dia) e de 2 com atraso (22º dia). A partir do 23º dia, o produtor 2 retoma o seu comportamento normal.

Com a inclusão do plano de mitigação, constata-se que o produtor 2 entra em incumprimento no 6º dia. A partir desse dia, pelo facto de entregar sempre encomendas em atraso, o produtor 2 apresenta sempre incumprimento total na entrega das encomendas na data devida. No 12º dia, o produtor 2 retoma a totalidade do cumprimento das suas entregas na data devida.

É apresentada a evolução do número de encomendas entregues com atraso, sendo notória a existência quase permanente de encomendas entregues com atraso. O dia 20 apresenta o maior número de encomendas entregues com atraso.

O número de encomendas entregues com atraso está directamente relacionado com a percentagem de cumprimento na data acordada. O plano de mitigação introduzido origina a entrega de 1 encomenda com atraso, entre o 7º dia e o 11º dia, o que corrobora o incumprimento referido anteriormente.

No 6º dia, o rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido não apresenta valor algébrico pelo facto de não ter sido efectuada qualquer entrega. Essa situação repete-se no dia 14 e no dia 16. No 6º dia o recurso afecto à entrega sofre uma paragem devido ao efeito do distúrbio, o que explica a não entrega nesse dia. Nos dias 14 e 16, a não entrega de encomendas é derivada da paragem em simultâneo do recurso afecto às actividades de produção e teste e entrega. Durante o período em que é “sentido” o efeito do distúrbio (6º dia – 22º dia), existem 2 dias em que o produtor 2 está em situação de cumprimento das entregas (12º e 13º dias). O facto de o rácio apresentar os valores mais elevados entre o 17º e o 19º dia deve-se ao facto de possuir, nestes períodos, o maior número de encomendas entregues com atraso e outras encomendas pendentes que já possuem atraso.

Com o plano de mitigação introduzido, o valor de rácio, no 6º dia, é inexistente pelo facto de não ter sido efectuada qualquer entrega. No 7º dia o valor do rácio apresenta o valor algébrico

mais elevado, o que significa que o atraso verificado na entrega é o mais elevado. Entre o 8º dia e o 11º dia, o valor de rácio ainda é superior a 1, o que significa que o produtor 2 ainda possui atraso associado às suas entregas, sendo esse atraso menor do que o verificado no 7º dia. A partir do 12º dia, o rácio é inferior a 1, o que significa que o produtor 2 está a cumprir com as suas obrigações relativamente às entregas a efectuar.

A paragem do recurso afecto à produção e teste é visível nos períodos 14 e 16. Tal paragem é devido à existência do distúrbio que altera os níveis do *stock* existentes no produtor 2. Nos períodos 14 e 16, o produtor 2 não tem capacidade para realizar a operação de produção porque não possui material para realizar a actividade. Nos períodos 18 e 20, a capacidade do recurso afecto à unidade de produção é total, o que indicia o processamento de um elevado número de encomendas.

À semelhança da situação verificada com o recurso alocado à produção, também o recurso alocado à entrega sofre alterações no seu comportamento. Entre o 7º dia e o 10º dia, a capacidade de entrega do produtor 2 é total, devido ao número de encomendas que possui para entregar. Nos dias 14 e 16, pelo facto de não existir encomendas para processar (devido à paragem produtiva) a capacidade de entrega é de 0 %.

Após a introdução do plano de mitigação, a partir do 6º dia verifica-se um aumento na capacidade de utilização do recurso afecto à unidade de entrega. No 7º dia, a capacidade do recurso afecto à entrega do produtor 2 é total. Pode-se afirmar que o 7º dia é o dia que apresenta os resultados mais negativos. A partir do 8º dia, a capacidade estabiliza em valores próximos de 50%, para no 12º dia, assumir de novo, os valores nominais da percentagem de utilização associada à entrega.

O desempenho do produtor 3 é semelhante ao desempenho verificado no cenário 1. Os dados tabelares são apresentados no anexo 3.2.

A percentagem de utilização do recurso afecto à produção do produtor 2 não apresenta alterações ao seu comportamento nominal. O comportamento do produtor 2 é apresentado no Capítulo 4 – (cenário base – determinístico) (anexo 2.2)

O produtor 3 não sofre alterações ao seu comportamento, como é apresentado no anexo 2.3. O comportamento do produtor 3 é idêntico ao verificado no cenário base – determinístico.

Relativamente ao **cenário 4**, pode concluir-se o seguinte:

O efeito provocado pelos distúrbios é visível no fornecedor 2, produtor 2 e produtor 3.

O efeito propagado do distúrbio não atinge o cliente final. O produtor 3 apresenta um pequeno incumprimento na entrega das encomendas na data acordada, mas esse incumprimento é relativo ao produtor 2.

O fornecedor 2 apresenta o comportamento igual ao comportamento verificado no cenário 2. A ocorrência do distúrbio ao nível do produtor 2 não afecta o comportamento do fornecedor 2. O *design* da CA ajuda a explicar este facto.

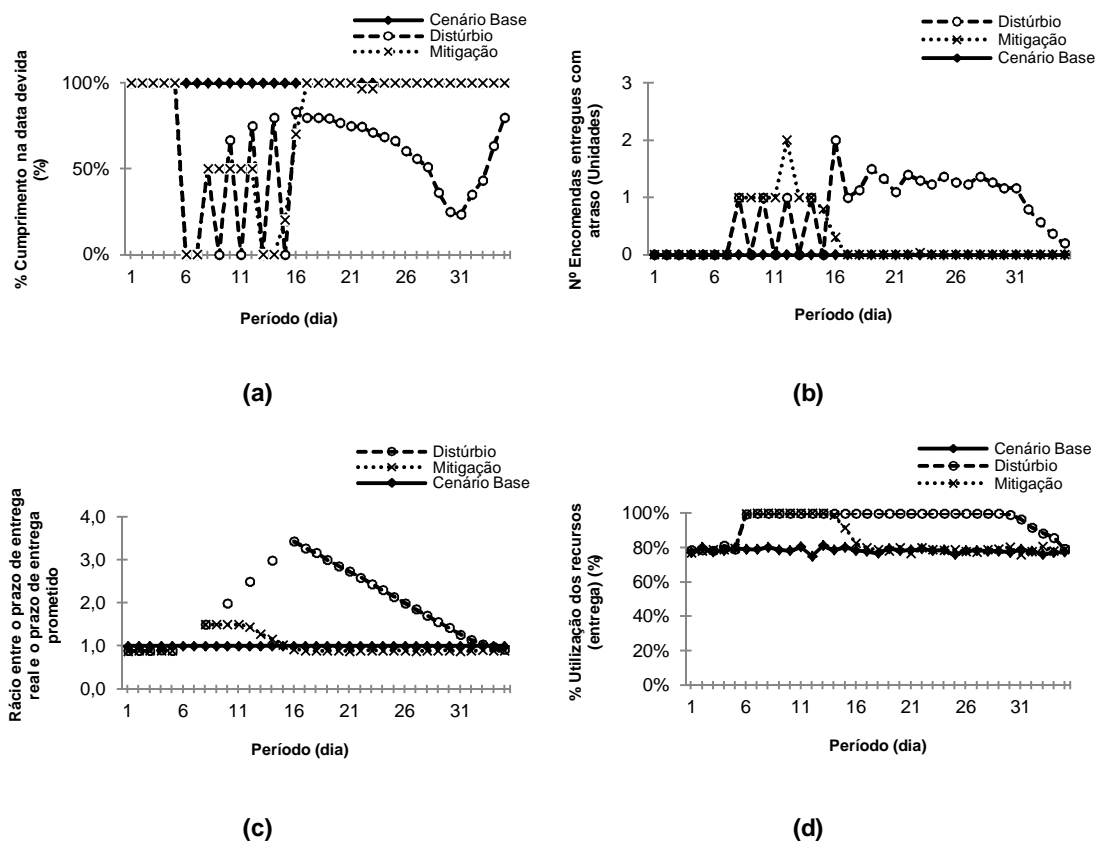
O produtor 2 é o membro da cadeia que apresenta alterações mais significativas ao seu comportamento. A ocorrência do distúrbio no produtor 2 em conjunto com o efeito sofrido devido à ocorrência de outro distúrbio ao nível do fornecedor 2 explica este facto.

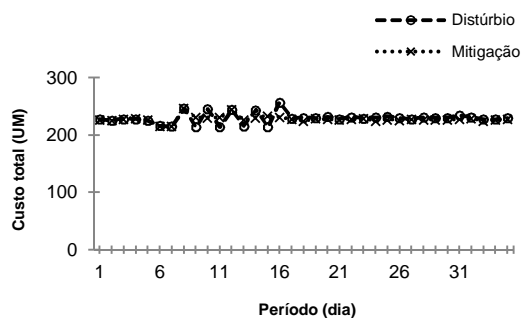
A inclusão dos planos de mitigação permite, ao produtor 3, recuperar na totalidade do efeito provocado pela acção de ambos os distúrbios.

4.4.2 Cenário 5

O cenário 5 difere do cenário 4 na variabilidade do modelo de simulação em análise. O comportamento dos indicadores de desempenho é apresentado na Figura 4.14 (Fornecedor 2), Figura 4.15 (Produtor 2) e Figura 4.16 (Produtor 3).

Fornecedor 2





(e)

Figura 4.14 – Indicadores de desempenho do Fornecedor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) Custo total

Por acção do distúrbio, no 6º dia, o fornecedor 2 não cumpre com a entrega das encomendas na data devida. Após o fim da injeção do distúrbio e até o final do período de simulação, o fornecedor 2 não consegue recuperar a totalidade da percentagem de cumprimento das entregas na data devida. À semelhança do 6º dia, em que não ocorrem entregas de encomendas, também se verifica uma situação de total incumprimento nos dias 7, 9, 11, 13 e 15, devido ao facto de não ocorrer qualquer entrega nos períodos mencionados. Entre o dia 16 e o dia 31, a percentagem de cumprimento de entrega vai decaindo devido à utilização do recurso alocado à entrega ser de 100% e devido ao aumento do número de encomendas pendentes para entrega. Contudo, o fornecedor 2 já se encontra em recuperação, porque apesar de ter encomendas pendentes, já está a efectuar entregas em todos os períodos.

O fornecedor 2 não recupera até à totalidade da percentagem de cumprimento das entregas na data devida, até ao fim do período de simulação. Este facto tem explicação no número de encomendas entregues com atraso possuir um pequeno valor residual. No modelo estocástico realizaram-se 30 replicações para a simulação do cenário proposto, logo foi necessário calcular o valor médio para cada período, e como os processos possuem variabilidade, é difícil atingir o valor de 100 % de cumprimento das entregas na data devida.

O plano de mitigação introduzido produz alterações no comportamento do fornecedor 2. Verifica-se que no 6º dia e no 7º dia, o fornecedor 2 se encontra em incumprimento total, devido à não entrega de nenhuma encomenda. Entre o 8º dia e o 12º dia, o fornecedor 2 apresenta uma taxa de cumprimento de 50 %, devido à existência de encomendas entregues com atraso e outras pendentes que possuem atraso associado. Nos dias 13 e 14, verifica-se, novamente, a situação de incumprimento total. A partir do 14º dia, o fornecedor 2 apresenta um aumento na sua percentagem de cumprimento de entregas, o que significa que se encontra em período de recuperação do efeito do distúrbio. A normalidade do cumprimento das entregas é retomada no dia 17. Entre os dias 21 e 24 existe um pequeno incumprimento das entregas. Esta causa pode ser devida ao fornecedor 2 sofrer pequenos efeitos residuais do distúrbio.

O número de encomendas entregues com atraso possui uma relação com a percentagem de cumprimento de entrega na data acordada. Nos dias 6, 7, 9, 11, 13 e 15 não existem encomendas entregues com atraso devido ao facto de não ser efectuada qualquer entrega. A partir do 16º dia (período em que existe maior número de encomendas entregues com atraso), o valor das encomendas entregues com atraso é aproximadamente de 1. O facto de não ser um número inteiro deve-se ao facto do modelo em análise ser estocástico, isto é, pelo facto de se ter corrido 30 replicações, os valores apresentados são uma média do valor das 30 replicações obtidas para cada período. O fornecedor 2 possui encomendas pendentes para entregar, e continua a receber ordens para entregar mais encomendas, pelo que não consegue recuperar rapidamente do efeito do distúrbio. A partir do 31º dia pode-se afirmar que o fornecedor 2 recupera a normalidade dos seus processos. O facto do valor das encomendas entregues com atraso não ser zero é devido à variabilidade dos próprios processos e de entrar em linha de consideração com o facto do modelo calcular os valores médios das encomendas entregues com atraso, durante as 30 replicações.

Com a introdução do plano de mitigação, no 6º dia e no 7º dia, o fornecedor 2 não possui encomendas entregues com atraso devido ao facto de não ser capaz de efectuar a respectiva entrega. Entre o 8º dia e o 11º dia, o fornecedor 2 entrega 1 encomenda com atraso, e no 12º dia entrega 2 encomendas com atraso. O 12º dia é, portanto, o dia em que o fornecedor 2 efectua uma entrega com o número mais elevado de encomendas em atraso. A partir do 16º dia (exclusive), o fornecedor 2 retoma a normalidade dos seus processos, não entregando mais nenhuma encomenda em atraso.

Verifica-se que nos dias em que não é efectuada qualquer entrega, o valor correspondente ao rácio tem o valor de 0. Estes dados são consistentes com os períodos referidos na Figura anterior (Figura 4.14b). O facto de o valor de rácio apresentar uma tendência de aumento, entre os dias 7 e 16, reflecte o acumular de encomendas por entregar do fornecedor 2. Após esse período (16º dia), o fornecedor 2 vai entregando as encomendas pendentes que possui, fazendo com que o valor de rácio vá decrescendo até ao final do período de simulação. De realçar que valores de rácio superiores a 1 indicam que existem encomendas atrasadas por parte do membro em análise (neste caso, do fornecedor 2). Quanto maior for o valor de rácio, mais encomendas pendentes possui o membro analisado. O período em que o fornecedor 2 apresenta mais encomendas pendentes corresponde ao dia 16.

Com a introdução do plano de mitigação, os valores de rácio no 6º dia e no 7º dia não possuem valores algébricos, pelo facto de não ter sido efectuada qualquer entrega. Entre o 8º dia e o 15º dia, o valor de rácio é superior a 1 devido ao facto do fornecedor 2 efectuar as entregas das encomendas com atraso. O atraso mais significativo nas entregas do fornecedor 2 situa-se entre o 8º dia e o 12º dia, o que corrobora a informação referida anteriormente.

A taxa de produção do fornecedor 2 não apresenta alterações ao seu comportamento nominal, pelo que a análise gráfica é descrita no presente capítulo – modelo estocástico (cenário base).

A taxa de entrega nominal do fornecedor 2 ronda os 80%. A partir do 6º dia, por acção do distúrbio, o recurso alocado à actividade de entrega está ocupado, passando a trabalhar 8 horas por dia, logo a sua capacidade sobe para o valor de 100%, o que origina o comportamento explicitado nas Figuras 4.14 a) e b). Entre o 30º dia e o 31º dia, a taxa de entrega deixa de ser total. Este facto indicia a recuperação do fornecedor 2 do efeito provocado pelo distúrbio.

A partir do 6º dia, verifica-se uma situação em que o fornecedor 2 utiliza o recurso afecto à entrega a uma capacidade total. Esta situação mantém-se nos dias seguintes, conseguindo o fornecedor 2 recuperar a partir do 14º dia (exclusive). Esta recuperação tem a ver com o facto do fornecedor 2 passar a utilizar o recurso alocado à operação de entrega sem ser a uma capacidade total. Até ao final do período de simulação, verifica-se uma pequena instabilidade nos valores associados à taxa de entrega, o que é normal, pois o modelo estocástico apresenta variabilidade associada. Esta situação verifica-se após a inclusão do plano de mitigação.

O custo total associado às actividades desempenhadas pelo fornecedor 2 não sofre variações significativas durante o período de simulação. Contudo, entre o período 7 e o período 17, o fornecedor 2 apresenta uma pequena variabilidade nos custos. Essa variabilidade deve-se ao facto da parcela relativa aos custos de transporte variar. Nos períodos em que o fornecedor 2 não efectua a entrega de qualquer encomenda, o custo de transporte associado é nulo. No período imediatamente a seguir, o fornecedor 2 possui custos de transporte associados à entrega do período anterior que não efectuou, por se encontrar em processamento, e do período correspondente à entrega da encomenda.

Após a introdução do plano de mitigação, o custo total associado ao fornecedor 2 mantém-se globalmente constante ao longo de todo o período de simulação. A inclusão do plano de mitigação permitiu reduzir a variabilidade existente no custo total associado ao fornecedor 2.

Produtor 2

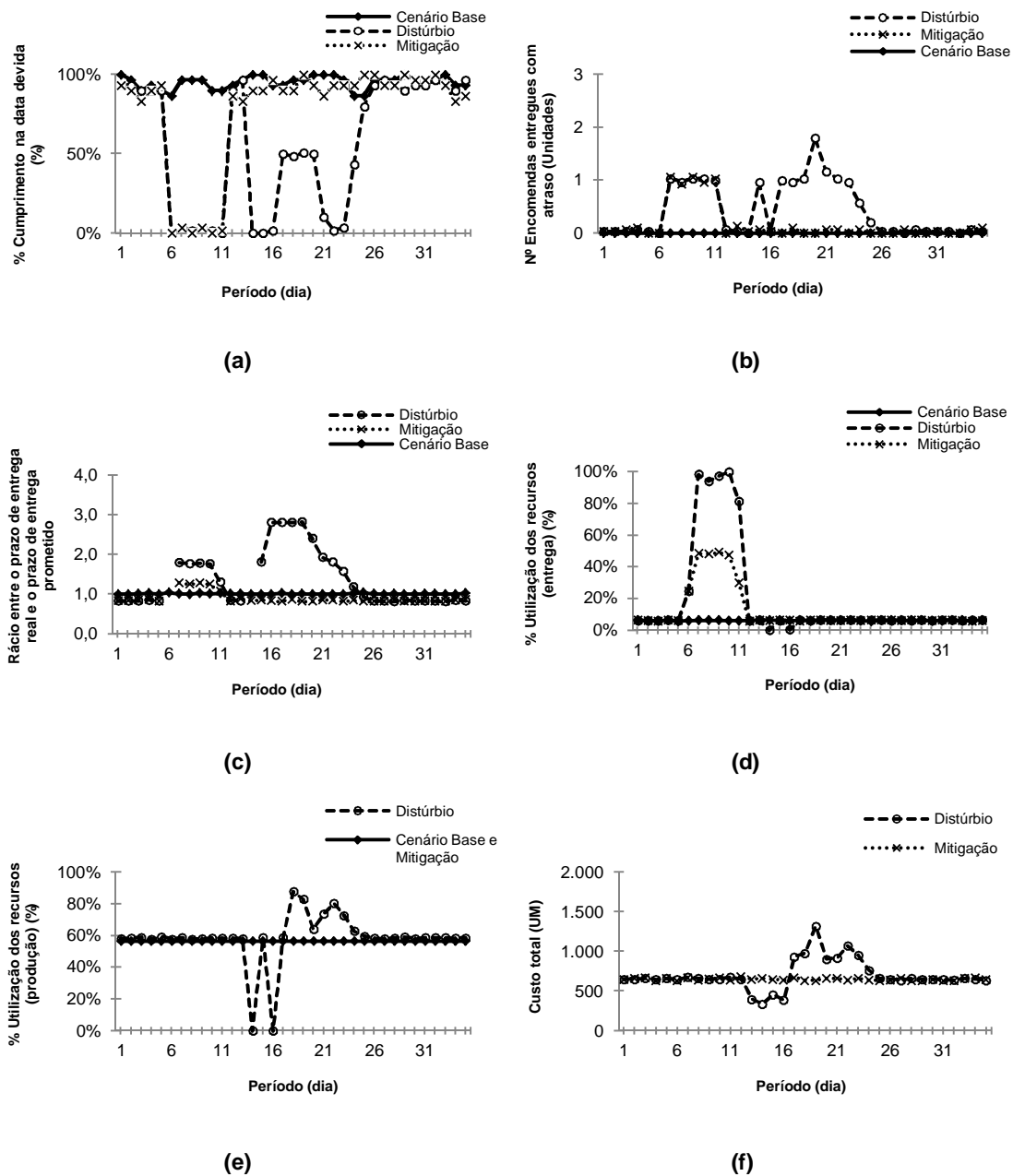


Figura 4.15 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização do recurso (produção), (f) custo total

Entre o 6º dia e o 11º dia, o produtor 2 entra em incumprimento total nas entregas a efectuar, por acção do distúrbio ao nível do produtor 2. No 6º dia, o produtor 2 não efectua qualquer entrega. O incumprimento verificado entre o 7º e o 11º dia deve-se ao facto do produtor 2 efectuar entregas de encomendas com atraso. No 12º dia e no 13º dia, o produtor 2 recupera do efeito do distúrbio ocorrido ao seu nível, mas posteriormente, no 14º dia, o produtor 2 sofre os efeitos da acção do distúrbio ocorridos ao nível do fornecedor 2. Esse efeito ocorre sob incumprimento das entregas na data devida. Entre o 14º dia e o 16º dia, o produtor 2 não efectua qualquer entrega. Entre o 17º dia e o 21º dia, o produtor 2 apresenta 50% de incumprimento, devido ao

facto de apresentar uma encomenda pendente para entregar. Neste período, o produtor 2 efectua a entrega de uma encomenda. Entre o 23º dia e o 24º dia, o produtor 2 apresenta um aumento na percentagem de cumprimento da entrega na data devida, o que indicia a recuperação definitiva do efeito dos distúrbios. A normalidade dos processos é retomada ao 27º dia. De realçar que não é atingida a percentagem de cumprimento total, devido às pequenas variações que o modelo estocástico apresenta. Essa variabilidade está inerente ao próprio modelo, o que permite aferir a recuperação do produtor 2, apesar da percentagem de cumprimento não atingir o valor de 100%.

Com a introdução do plano de mitigação, verifica-se que o produtor 2 apresenta um incumprimento nas entregas a efectuar entre os períodos 6 e 11. O incumprimento verificado é devido ao facto do produtor 2 não entregar as encomendas ou entregá-las com atraso. A partir do 12º período, o produtor 2 apresenta uma taxa de cumprimento que oscila entre os 80% e os 100%. Contudo, o produtor 2, a partir do 12º dia, entrega as encomendas nos prazos acordados. De salientar que o incumprimento nas entregas é respeitante ao produtor 3. Com a inclusão dos planos de mitigação, o produtor 2 já não sofre o efeito do distúrbio ocorrido ao nível do fornecedor 2.

O número de encomendas entregues com atraso, do produtor 2, é sinónimo do efeito que os distúrbios provocam no membro da CA em análise. Entre o 6º dia e o 11º dia, o produtor 2 entrega uma encomenda com atraso. Este atraso deve-se ao distúrbio que decorre dentro das suas instalações. No 14º e 16º dia, o produtor 2 não efectua qualquer entrega, pelo que o atraso desta só se vai reflectir nos períodos seguintes, quando estas forem entregues. No 15º dia, e no período entre o 17º dia e o 23º dia, o produtor 2 entrega encomendas com atraso, devido ao efeito que o distúrbio existente no fornecedor 2 provoca.

No 6º dia, o produtor 2 não efectua nenhuma entrega, portanto, não apresenta nenhuma encomenda entregue com atraso. Entre o 7º dia e o 11º dia, o produtor 2 efectua a entrega de 1 encomenda com atraso, devido ao efeito provocado pelo distúrbio. A partir do 12º dia, o produtor 2 retoma a entrega normal das suas encomendas.

O valor do rácio varia entre 0 e 3 durante todo o período de simulação. Este facto indica que existem períodos em que as encomendas são entregues com atraso (rácio superior a 1), períodos em que não são efectuadas entregas (rácio igual a 0) e períodos em que se garante a entrega das encomendas na data acordada (rácio entre 0 e 1). No 6º dia o valor do rácio não apresenta valor algébrico. De facto, neste dia, o produtor 2 não efectua qualquer entrega. No 7º dia o valor do rácio aumenta para próximo de 2, o que indica a existência de encomendas atrasadas. Entre o 7º dia e o 11º dia, o produtor 2 efectua entrega de encomendas com atraso, devido à acção do distúrbio. No 12º dia e no 13º dia, o produtor 2 efectua as entregas de encomendas no prazo acordado, não havendo atraso na entrega das mesmas. No 14º dia verifica-se novamente uma situação de não entrega de encomenda, devido à acção do distúrbio localizado no fornecedor 2. Entre o 16º dia e 19º dia, verifica-se a situação de maior

atraso na entrega de encomendas por parte do produtor 2. Neste intervalo temporal (16º dia – 19º dia), o valor do rácio é o maior registado ao longo de todo o período de simulação. O produtor 2 retoma a entrega das encomendas sem atraso a partir do 25º dia.

Com a introdução do plano de mitigação, o produtor 2 não efectua nenhuma entrega no 6º dia, portanto, o valor do rácio não apresenta valor algébrico. Entre o 7º dia e o 11º dia, o valor do rácio é superior a 1, o que indica que o prazo de encomenda real é superior ao prazo de encomenda prometido, ou por outras palavras, o produtor 2 está a efectuar as entregas das encomendas com atraso. A partir do 12º dia, o valor do rácio retoma o comportamento normal, o que indica que o produtor 2 está a entregar as encomendas dentro do prazo acordado.

A acção do distúrbio que ocorre no fornecedor 2 tem efeito sobre o recurso afecto à produção e teste do produtor 2, provocando a sua paragem nos períodos 14 e 16. O distúrbio proveniente do fornecedor 2 possui, assim, um efeito propagado ao produtor 2. O distúrbio altera os níveis de *stock* existentes no produtor 2. O facto de não possuir material impede o produtor 2 de realizar a actividade produtiva nos períodos 14 e 16. Entre os períodos 18 e 23 verifica-se uma ligeira instabilidade na percentagem de utilização do recurso afecto à produção, devido ao processamento de um elevado número de encomendas.

O desempenho do recurso afecto à produção não apresenta alterações ao seu comportamento, após a introdução do plano de mitigação. O seu desempenho é apresentado no presente capítulo – cenário base.

O recurso alocado à actividade de entrega sofre alterações no seu comportamento. A partir do 5º dia (exclusive), a capacidade de entrega do produtor 2 aumenta. No 7º dia, o produtor 2 já apresenta uma capacidade de entrega máxima, situação que se verifica até ao 11º dia. O efeito do distúrbio provoca um atraso na entrega das encomendas, pelo que o recurso alocado à actividade de entrega fica a funcionar a uma capacidade máxima. A partir do 12º dia, a capacidade de entrega retoma o comportamento base, sofrendo paragens no 14º dia e 16º dia. Esta paragem deve-se ao facto de não existirem encomendas para entregar, porque não foram produzidas. Existe uma paragem produtiva nos dias 14 e 16, pelo que o processamento de encomendas nestes 2 períodos não é efectuado.

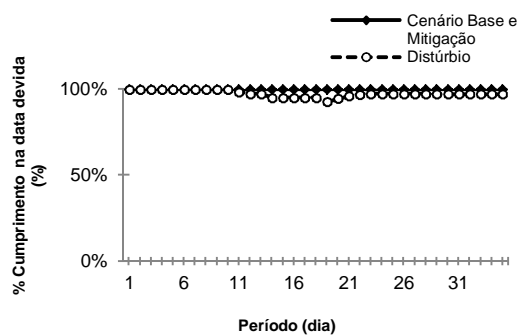
Com a inclusão do plano de mitigação, o recurso alocado à entrega está a funcionar a 50% da sua capacidade total, entre o 6º dia e o 11º dia. Este facto indica que o produtor 2 está a efectuar entregas durante 4 horas, durante o período de 1 dia útil (8 horas). A partir do 12º dia, o produtor 2 retoma a normalidade do seu desempenho.

O custo total associado às actividades desempenhadas pelo produtor 2 sofre variações significativas durante o período de simulação. A partir do 12º dia é possível verificar o decréscimo do custo total. Este decréscimo está relacionado com os custos de transporte e com os custos operacionais associados à produção. No período 14 e 16, pelo facto de não existir produção, os custos de bens vendidos são nulos. A partir do 16º dia, o custo total do

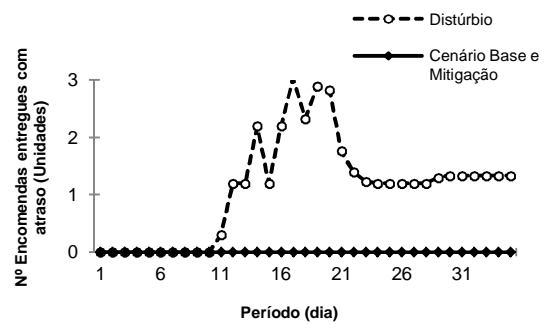
produtor 2 aumenta devido ao aumento dos custos de produção. Este aumento dos custos de produção deve-se ao tempo de processamento aumentar durante este período. O custo associado ao valor do *stock* de bens em processamento e de produtos acabados também aumenta, devido ao acumular de encomendas que o produtor 2 possui neste período. A partir do 24º dia, o custo total do produtor 2 retorna ao valor nominal.

Após a introdução do plano de mitigação, o custo total associado ao produtor 2 não apresenta variações durante o período de simulação. O facto do fornecedor 2 entregar as encomendas ao produtor 3 (que por sua vez entrega ao produtor 2), e este possuir 3 dias de *stock*, faz com que o produtor 2 não necessite de utilizar o seu *stock*. Relativamente ao distúrbio ocorrido no produtor 2, verifica-se que o plano de mitigação introduzido permite a não utilização do *stock*. Por este facto, o custo total do produtor 2 mantém-se inalterável.

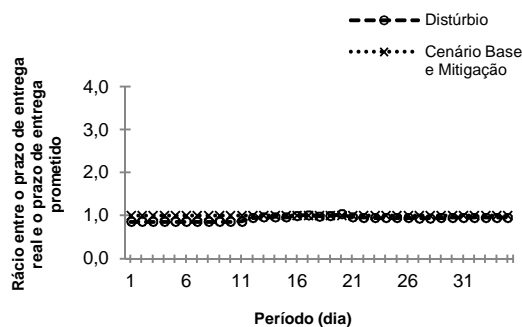
Produtor 3



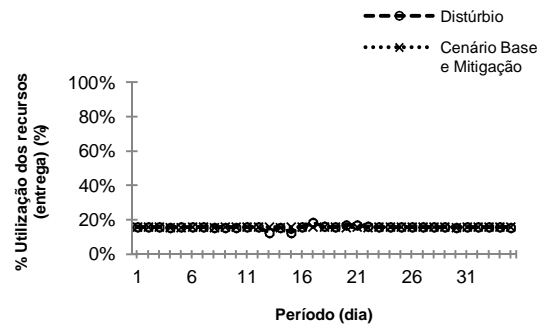
(a)



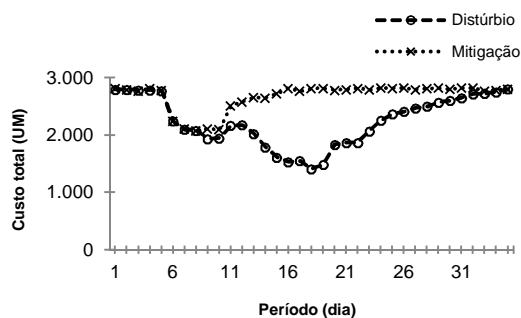
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 4.16 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) Custo total

O produtor 3 apresenta um desempenho próximo do cumprimento total das entregas na data prometida, durante todo o período de simulação. O facto da percentagem de cumprimento não ser sempre de 100 % é devido à não entrega de algumas encomendas na data acordada ao produtor 2. O cliente final não sofre qualquer tipo de atraso no recebimento das encomendas provenientes do produtor 3.

O número de encomendas entregues com atraso do produtor 3 é relativo ao produtor 2. O número máximo de encomendas entregues com atraso é de 3 encomendas, nos períodos 17, 19 e 20. A partir do 22º dia, o produtor 3 entrega sempre 1 encomenda com atraso ao produtor 2 devido ao incumprimento residual que se verifica no produtor 3.

O desempenho do produtor 3 não apresenta variações significativas ao seu comportamento, relativamente ao rácio do *lead time*. A partir do 12º dia, os valores de rácio são muito próximos do valor 1, o que significa que o produtor 3 está a entregar as encomendas ao produtor 2 nos períodos que prometeu. Contudo a margem de erro do produtor 3 desaparece, constituindo um risco muito elevado para o produtor 2.

A percentagem de utilização do recurso afecto à **produção e teste** do produtor 3 não apresenta alterações ao seu comportamento base. A descrição dos resultados é apresentada no presente capítulo (cenário base).

A capacidade de entrega do produtor 3 ao produtor 2 sofre uma pequena alteração entre os períodos 12 e 20, devido ao incumprimento residual verificado. Essa situação contudo não é nefasta para o cumprimento dos prazos acordados com o cliente final.

O custo total do produtor 3, a partir do 5º dia, decresce devido ao decréscimo do custo de posse dos materiais. Este decréscimo deve-se ao facto do produtor 3, possuir menos matéria-prima em *stock*, e como tal, o custo de posse decresce. A partir do 22º dia verifica-se uma tendência de retorno aos valores originais de *stock*, o que indicia a recuperação do produtor 3. A partir do 32º dia, o produtor 3 apresenta os valores padrão associados ao custo, o que indica a existência das unidades definidas em *stock*.

A introdução do plano de mitigação não provoca alterações ao desempenho dos indicadores de desempenho do produtor 3, à excepção do custo total. O produtor 3 apresenta uma pequena variação nos custos totais, devido à utilização de matéria-prima que possuía em *stock*. Através da utilização desta matéria-prima, os custos de posse associados a esta diminuem, provocando uma diminuição no custo total entre os dias 6 e 11. A partir do 12º dia, o custo total aproxima-se dos valores normais.

Relativamente ao cenário 5, pode-se concluir o seguinte:

O efeito dos distúrbios introduzidos no fornecedor 2 e produtor 2, no modelo estocástico, apresentam algumas diferenças relativamente aos efeitos verificados nas mesmas entidades da CA, no modelo determinístico. O período de recuperação dos membros da CA, no modelo estocástico é superior ao verificado no modelo determinístico. A variabilidade existente no modelo estocástico apresenta-se como um factor mais preciso na medição do impacto do distúrbio nos membros da CA. O plano de mitigação introduzido permite diminuir o impacto dos distúrbios ao nível dos membros da CA. Os indicadores de performance apresentam períodos de instabilidade mais reduzidos após a introdução dos planos de mitigação, e os custos totais dos membros também permitem verificar a aplicabilidade dos planos de mitigação.

4.5 Caso de estudo 4

O caso de estudo é definido pela modelação de um distúrbio – **incêndio industrial**. O incêndio provoca efeitos ao nível das entidades da CA, em que ocorre. Esses efeitos serão identificados no cenário 6. O distúrbio introduzido actua ao nível do produtor 1. O esquema representativo da entidade da CA, onde o distúrbio ocorre é apresentado na Figura 4.17.

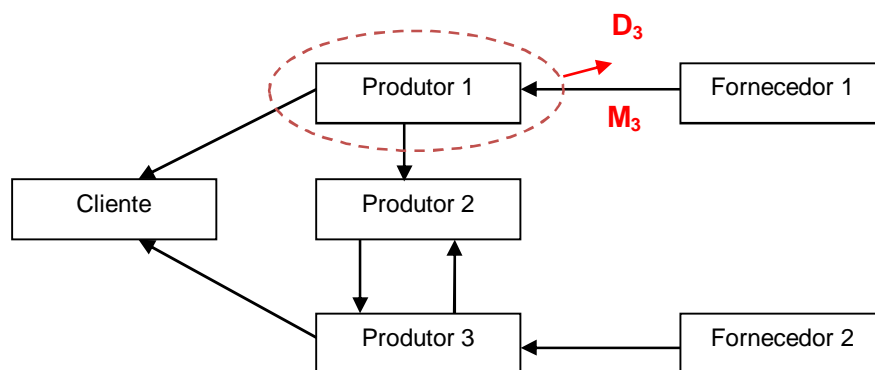


Figura 4.17 - Esquema representativo do local onde ocorre o incêndio industrial (D_3) e o respectivo plano de mitigação (M_3) (Cenário 6)

4.5.1 Cenário 6

Devido à ocorrência verificada no cenário 6 (incêndio industrial), as unidades de embalagem fabris ficam destruídas, impossibilitando a sua utilização. Este efeito tem uma duração de 5 dias. Esta ocorrência implica a alteração da capacidade de armazenamento das caixas, afectando a quantidade disponível que é possível armazenar e embalar. O processo que engloba a saída dos materiais, embalagem e armazenagem intermédia é efectuado com recurso a caixas (unidades de embalagem fabris) que possuem uma capacidade de 10 unidades. Devido ao efeito do distúrbio, essa capacidade diminui drasticamente, o que apenas permite à saída dos materiais e armazenagem intermédia possuir uma capacidade operacional de 1 unidade. A operação de embalagem é efectuada, mas apenas possui capacidade para 1 unidade.

O efeito provocado por este tipo de distúrbio não provoca atraso temporal nos processos, afectando apenas a capacidade de armazenamento referida durante um período de 5 dias.

O plano de mitigação, no caso do fornecedor 2, passa por **seleccionar múltiplas opções de transporte flexíveis**, nomeadamente a substituição do equipamento em causa (à semelhança do caso de estudo 1). No caso do produtor 2, a opção do plano de mitigação a adoptar passa por **standardizar os processos**, de forma a permitir a contratação de uma empresa *outsourcing* que garanta a realização das actividades.

Estes valores são introduzidos no submodelo de **recolha do produto da armazenagem intermédia e entrega ao cliente** (ver capítulo 3) de ambos os membros da CA (fornecedor 2 e produtor 2), à semelhança dos casos de estudo anteriores.

O plano de mitigação introduzido visa combater os efeitos provocados pela acção do distúrbio ao nível do produtor 1 e outros membros da CA (produtor 2 e 3). Sendo o distúrbio caracterizado por uma redução no número máximo de unidades que cada unidade de embalagem fabril pode armazenar, o plano de mitigação visa prever a ocorrência de essa situação. Como tal, existem **unidades de embalagem fabris que possuem menor capacidade que as originais** (as originais possuem uma quantidade máxima de armazenamento de 10 unidades), mas **permitem armazenar até um máximo de 5 unidades em cada caixote**. Desta forma, a quantidade máxima de armazenamento por unidade de embalagem fabril é de 5 unidades, ao invés de 1 unidade, como ocorre na situação anterior.

Em termos de *software*, esta nova informação é introduzida no submodelo de **saída dos materiais, embalagem e armazenagem intermédia** (ver capítulo 3) do produtor 1.

Os resultados obtidos para os diferentes indicadores de desempenho analisados, são apresentados na Figura 4.18 (Produtor 1), Figura 4.19 (Produtor 2) e Figura 4.20 (Produtor 3).

Produtor 1

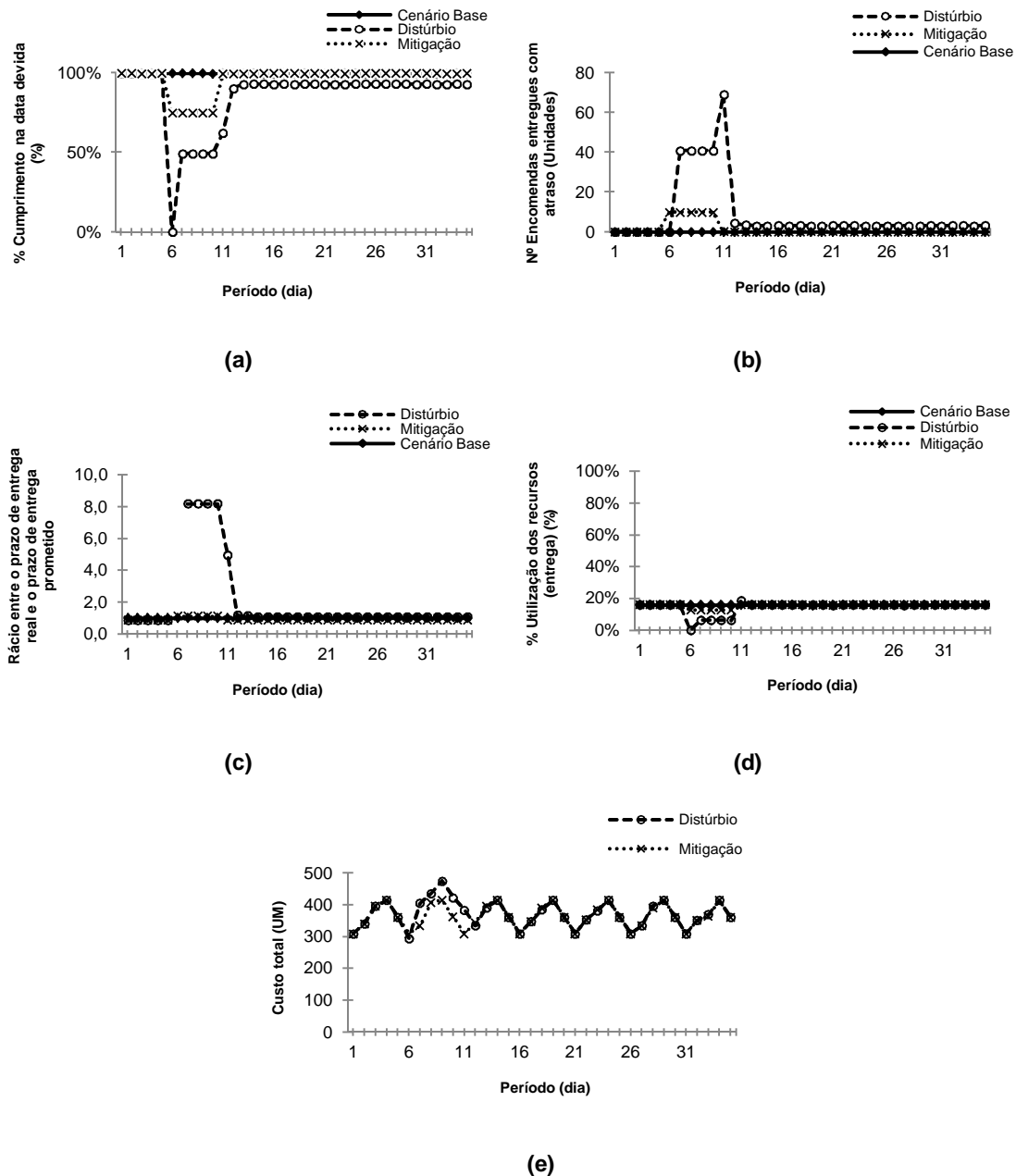


Figura 4.18 – Indicadores de desempenho do Produtor 1: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) Custo total

A percentagem de cumprimento das entregas na data devida sofre uma alteração ao seu comportamento normal devido à acção do distúrbio. No 6º dia, o produtor 1 não efectua a entrega de encomendas por não possuir capacidade física para tal. Como se pode ver na Figura 4.18a, a percentagem de entrega é de 0%. A partir do 7º dia, o produtor 1 possui algum atraso associado ao seu cumprimento das entregas, conseguindo recuperar desse efeito a partir do 12º dia. O período de distúrbio, ao nível do produtor 1, é de 6 dias.

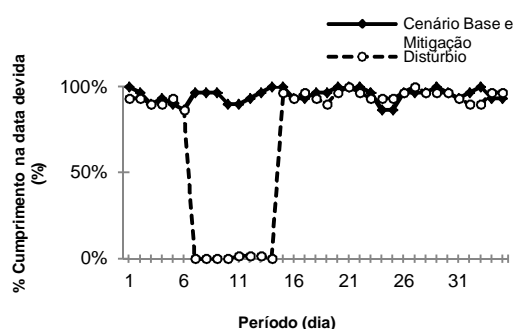
O número de encomendas entregues com atraso tem uma relação directa com a percentagem de cumprimento na data devida. Entre o 7º dia e o 10º dia, o produtor 1 entrega 40 unidades com atraso ao cliente final, aumentando essa quantidade para 60 unidades no 11º dia.

O rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido possui uma relação directa com a percentagem de cumprimento na data devida. É possível constatar que entre o 7º dia e o 10º dia, o produtor 1 apresenta a maior margem de incumprimento, pois o seu valor de rácio apresenta os valores mais elevados durante todo o período de simulação considerado.

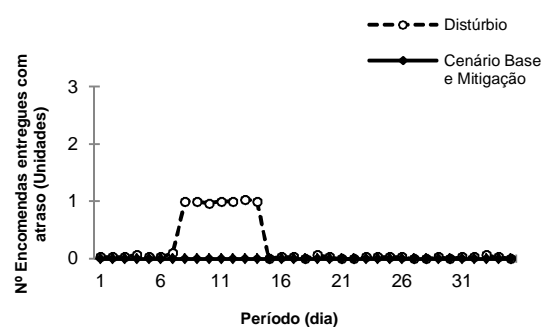
No 6º dia, a percentagem de entrega do produtor 1 é de 0% pois não possui capacidade de armazenagem suficiente para expedir as encomendas. No restante período de simulação, a sua percentagem de entrega é constante, existindo apenas uma pequena variabilidade no 11º dia, devido ao facto de ser um período de maior fluxo de entrega de encomendas (que estavam em atraso).

Com a introdução do plano de mitigação, a percentagem de cumprimento das entregas na data devida do produtor 1 apresenta 5 dias de algum incumprimento (cerca de 80% de cumprimento). Este valor deve-se ao facto do plano de mitigação introduzido não conseguir estabilizar por completo o comportamento do produtor 1. A percentagem de cumprimento das entregas na data devida possui uma relação directa com o número de encomendas entregues com atraso, pelo que entre o dia 6 e o dia 10 (inclusive), o produtor 1 entrega 10 encomendas com atraso. Este valor reflecte o atraso na quantidade acordada entre o produtor 1 e o produtor 2. O valor do rácio entre o prazo de entrega real e o prazo de entrega prometido é um pouco superior a 1, devido ao incumprimento de 20% verificado ao nível do produtor 1. A percentagem de utilização do recurso alocado à entrega sofre uma pequena diminuição, que traduz a instabilidade verificada entre o dia 6 e o dia 10.

Produtor 2



(a)



(b)

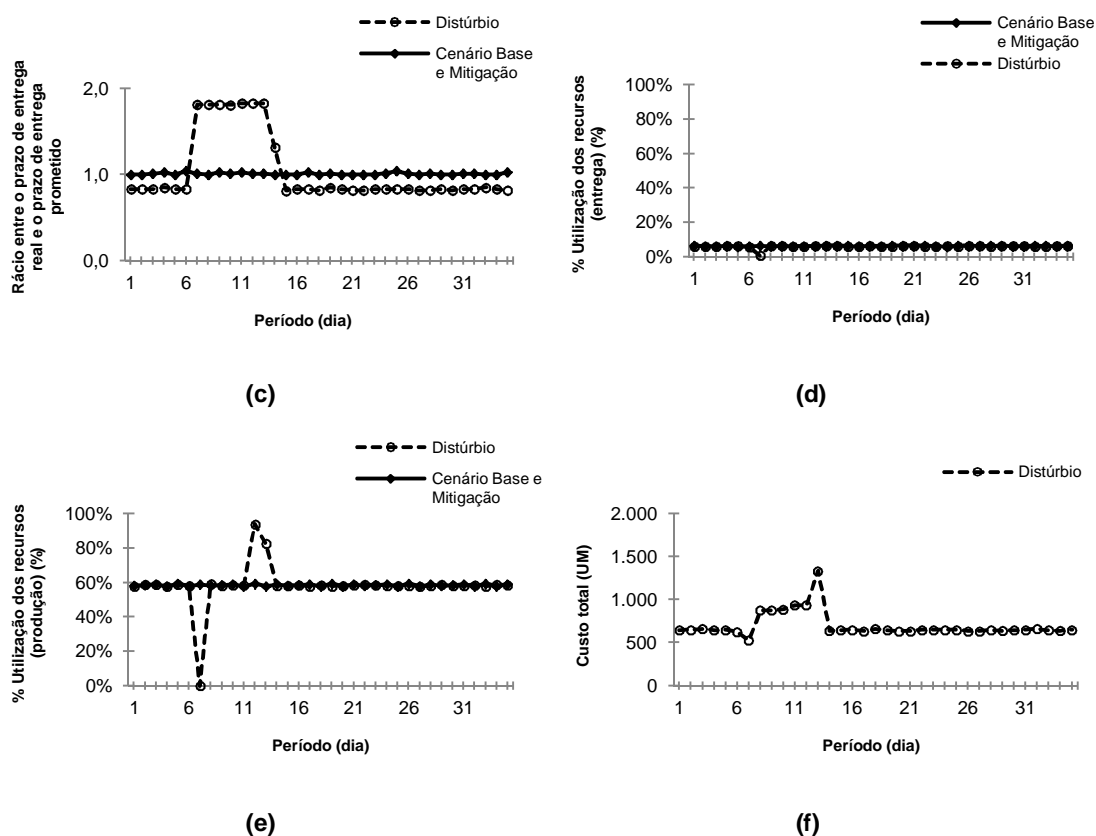


Figura 4.19 – Indicadores de desempenho do Produtor 2: (a) % Cumprimento na data devida, (b) Nº encomendas entregues com atraso, (c) Rácio entre o prazo de entrega real e prometido, (d) % entrega do recurso (entrega), (e) % utilização dos recursos (produção), (f) Custo total

O produtor 2 possui uma percentagem de cumprimento das entregas na data devida a rondar os 100%. Contudo, devido ao efeito do distúrbio verificado ao nível do produtor 1, esse valor decai para 0% entre o dia 7 e o dia 14. O efeito do distúrbio, ao nível do produtor 2, verifica-se a partir do 7º dia. A partir do 15º dia, o produtor 2 retoma a entrega normal nos prazos acordados. O número de encomendas entregues com atraso, no período referido (dia 7 – dia 14) é de 1 unidade, pois o seu incumprimento é relativo ao produtor 3. No 6º dia, o produtor 2 não efectua nenhuma entrega, pelo que o seu valor de rácio é de 0. Entre o dia 7 e o dia 14, o seu valor de rácio é superior a 1, devido ao facto do prazo de entrega real, em relação ao produtor 3, ser superior ao prazo de entrega prometido. A taxa de utilização dos recursos associados à entrega e produção não possuem valor no dia 7, devido ao facto de não ser realizada a operação de entrega, e de não existir matéria-prima suficiente para realizar a operação de produção. Os custos totais do produtor 2 apresentam uma variação entre o dia 7 e o dia 13, devido ao efeito do distúrbio. Ao 7º dia, devido à não entrega do material devido, o custo de posse diminui. Ao 13º dia, verifica-se a situação inversa – o efeito do distúrbio começa a dissipar-se pelo que o custo associado à posse de materiais aumenta bastante. A partir do 14º dia, a situação retoma à normalidade.

A introdução do plano de mitigação permite aferir um comportamento padrão (semelhante ao cenário base) dos indicadores de desempenho do produtor 2.

Produtor 3

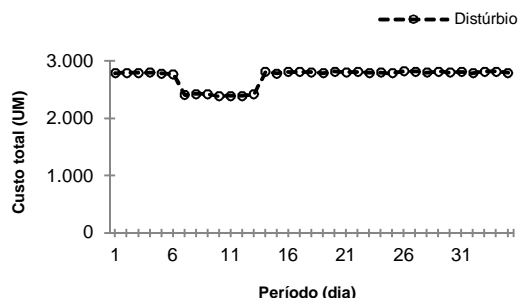


Figura 4.20 – Indicador de desempenho do Produtor 3 - Custo total

O desempenho do produtor 3 não apresenta alterações ao seu comportamento base. O seu desempenho é apresentado no presente capítulo. O indicador relativo ao custo total será analisado devido ao seu comportamento não ser constante ao longo do período de simulação.

O custo total do produtor 3 apresenta um ligeiro decréscimo entre o dia 7 e o dia 13 devido à acção do distúrbio ocorrido ao nível do produtor 1. O facto de existir incumprimento de entregas por parte do produtor 1 e, essencialmente, do produtor 2, faz com que o produtor 3 não receba todas as encomendas do produtor 2 no prazo acordado. Essa acção provoca uma diminuição dos custos de posse associados ao produtor 3. Devido ao decréscimo da parcela associada ao custo de posse do produtor 3, o custo total do produtor 3 também diminui entre os períodos referidos (dia 7 e dia 13).

Após a introdução do plano de mitigação, os indicadores de desempenho do produtor 3 não apresentam alterações ao seu comportamento nominal, o que permite aferir um comportamento estável da entidade em análise.

No cenário 6, o distúrbio introduzido tem a ver com uma perturbação a nível de quantidade. Este tipo de distúrbio permite verificar o efeito que uma perturbação ao nível da variação da quantidade pode provocar nos membros da CA. Ao nível do produtor 1, o período de recuperação do efeito do distúrbio é de 5 dias. O número máximo de encomendas entregues com atraso do produtor 1 é de 80 unidades e o custo total varia entre cerca de 300 UM e 450 UM. Após a introdução do plano de mitigação, o impacto do distúrbio é menor, permitindo um período de recuperação do efeito do distúrbio de 4 dias. Ao nível do produtor 2, a inclusão do plano de mitigação permite dissipar os efeitos do distúrbio ao nível do produtor 2 e produtor 3. Desta forma, o cliente final não é afectado, pelo que a inclusão do plano de mitigação é bastante viável na manutenção das performances produtivas.

5. Conclusões

A presente dissertação pretende responder a um conjunto de questões relacionadas com a temática dos distúrbios e respectivo efeito ao nível das diversas entidades constituintes de uma cadeia de abastecimento do ramo automóvel. Para responder a diversas questões relacionadas com tipos de distúrbio, impacto provocado, entidades afectadas e respectiva resiliência, variabilidade do modelo adoptado e performance dos indicadores de desempenho, foi efectuado um conjunto de simulações (explicadas na presente dissertação). Este conjunto de simulações permite obter uma visão sobre os diversos temas abordados.

Relativamente à modelação da CA, foi considerada uma parcela de uma CA do ramo automóvel, constituída por dois fornecedores, três produtores intermédios e um cliente final. A CA é simples, sendo que um dos estudos apresentados na presente dissertação incide sobre a modelação das entidades referidas. As características principais das entidades foram respeitadas (tempos de processamento, transporte, quantidades de encomenda, *stock* de segurança, prazo de entrega, etc.).

A inclusão dos distúrbios e respectivos planos de mitigação e / ou contingência foi outra área de estudo na presente dissertação. Foi importante a classificação e selecção do tipo de distúrbios que se pretendia analisar. Essa selecção obedeceu a um critério de aproximar a modelação efectuada a situações decorrentes do quotidiano de uma CA automóvel.

Um dos aspectos considerados na presente dissertação está relacionado com as características de cada distúrbio introduzido no modelo. Considera-se que o distúrbio tem efeito ao nível do tempo de realização da tarefa. Este facto constitui um pressuposto importante, pois considera-se que o efeito do distúrbio tem acção directa e interferência sobre o tempo de realização da actividade em que está a ser incluído. Da mesma óptica, os planos de mitigação possuem efeito sobre o tempo de processamento das actividades onde incidem. Poderiam ser introduzidos diversos efeitos sob o ponto de vista da modelação: ao nível da quantidade afectada, tipos de actividades realizadas, entidades afectadas, nível de *stock* de segurança, etc.

No âmbito da análise do impacto de distúrbios, foi analisado o comportamento de diversos indicadores de desempenho. Os indicadores de desempenho seleccionados e analisados são amplamente debatidos na presente dissertação. Foi definida esta opção de análise, devido ao facto, dos indicadores de desempenho constituírem uma forma eficaz de visualizar o comportamento de uma CA. Os indicadores de desempenho definidos, pretendem dar resposta a questões relacionadas com nível de serviço prestado, percentagem de utilização de recursos e tempo de entrega à entidade definida.

Na presente dissertação, os diversos tipos de distúrbio foram agrupados em casos de estudo. O objectivo dos casos de estudo recai na possibilidade de efectuar análises detalhadas ao

efeito provocado pelos distúrbios e planos de mitigação e / ou contingência, ao mesmo tempo que permite realizar análises comparativas a um nível mais superficial, do ponto de vista de comparação de impacto dos distúrbios consoante a variabilidade do modelo, tipo de características do distúrbio, relação com a inclusão ou não de planos de mitigação e verificação do nível de propagação do efeito do distúrbio ao longo da CA considerada (ao nível das entidades). Conclui-se que o tempo de duração do distúrbio influencia directamente as entidades em que ocorre, e possui uma “onda” de propagação, que consoante a gravidade do distúrbio, pode afectar uma ou mais entidades da CA. Esta “onda” de propagação é visível através de análises comparativas entre os diversos cenários constituintes de cada caso de estudo, medidos através do comportamento dos indicadores de desempenho.

Da mesma forma, que a análise aos distúrbios constitui a mais-valia acima referida, foi possível aferir que a inclusão de planos de mitigação reduz o efeito dos distúrbios ao nível das entidades da CA, ocorrendo em alguns casos, a completa dissipação do efeito provocado pelo distúrbio. É possível referir portanto, que a eficácia do plano de mitigação introduzido é inversamente proporcional à propagação do efeito dos distúrbios. Contudo, ao nível da entidade onde ocorre o distúrbio, existe sempre um efeito residual do distúrbio, para o caso de serem considerados planos de mitigação. Na eventualidade da inclusão de planos de contingência, o efeito do distúrbio pode nem sequer ocorrer, dependendo da eficácia do plano de contingência adoptado.

As análises efectuadas, através do estudo dos indicadores de desempenho, constituem uma base de raciocínio para medir a resiliência de uma organização ou CA. Sendo a resiliência definida, em termos simplistas, como a habilidade ou a capacidade que uma organização possui em voltar ao seu estado nominal, é possível aferir os períodos que as diversas entidades demoram a recuperar o seu estado nominal. No capítulo 4, a análise gráfica dos diversos indicadores de desempenho permite verificar esse período de recuperação, em função do comportamento dos diversos indicadores de desempenho e sob o ponto de vista da inclusão de diversos tipos de distúrbios nas diversas entidades.

A metodologia seguida responde às questões propostas no âmbito da realização da presente dissertação, sendo que poderia ser adoptada outra metodologia. No entanto, a análise aos indicadores de desempenho assume uma importância extrema, já que permite visualizar o comportamento da CA, e efectuar análises precisas, nas diversas entidades seleccionadas. Os distúrbios seleccionados e suas características podem ser as mais diversas que se possam imaginar, existindo portanto, uma infinita panóplia de hipóteses que se poderiam considerar. Este trabalho pretende desenvolver uma metodologia sólida, para que no futuro se possam testar e analisar diversas hipóteses, sempre com o objectivo de medir a resiliência da organização em estudo, com o objectivo de determinar a solução óptima em termos de custos, planos de mitigação ou contingência a adoptar e período temporal em que a CA está mais vulnerável à ocorrência de distúrbios.

Sob o ponto de vista de aplicabilidade em outras situações, podem ser desenvolvidos outros modelos, parametrizados de acordo com as especificidades pretendidas e verificadas na realidade, de forma a visualizar os efeitos provocados por diversos distúrbios.

A inclusão da lógica difusa pretende explorar uma área de conhecimento, cujo objectivo recai na interpretação humana das diversas situações, e relacionar a mesma com a temática dos distúrbios, nomeadamente ao nível da caracterização do distúrbio. Foi um tema abordado na presente dissertação, que possui excelentes perspectivas de exploração em termos investigacionais, pois permite adequar a sensibilidade do ser humano, em termos de percepção das características de um distúrbio à transposição dessa realidade para modelos de simulação.

Bibliografia

- Azevedo, S. G., Machado, V.H., Barroso, A.P., Machado, V.C. (2008). Supply chain vulnerability: environment changes and dependencies. *International Journal of Logistics and Transport*, 2(1), 41-55.
- Barroso, A. P., Machado, V.H., Barros, A.R., Machado, V.C. (2010). *Toward a resilient supply chain with supply disturbances* UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Caparica.
- Carvalho, H. (2004). Metodologia para avaliação de cenários de desenvolvimento da cadeia de abastecimento sob incerteza. MSc in Industrial Engineering, FCT/UNL, Portugal.
- Carvalho, H., Machado, V.C. (2007). *Designing principles to create resilient supply chains*. Artigo apresentado na Proc. of the Industrial Engineering Research Conference, Nashville, TN.
- Chen, I., Paulraj, A. (2004). Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of Operations Management*, 22(2), 119-150.
- Christopher, M., Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *Cranfield School of Management*, 15(2), 7-13.
- Christopher, M., Towill, D. (2000). Supply chain migration from lean and functional to agile e customized. *Supply Chain Management: An International Journal*, 49(4), 206-213.
- Chopra, S., Sodhi, M.S. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *MIT Sloan Management Review*, 48(1), 53-61.
- Cousins, P. D., Menguc, B. (2006). The implications of socialization and integration in supply chain management. *Journal of Operations Management*, 604-620.
- Craighead, C., Blackhurst, B., Rungtusanatham, M., Handfield, R. (2007). The severity of supply chain disruptions: design characteristics and mitigation capabilities. *Decision Sciences*, 38(1), 131-156.
- Cucchiella, F., Gastaldi, M. (2006). Risk management in supply chain: a real option approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(6), 700-720.
- Davis, S.M. (1987). *Future Perfect*. Addison-Wesley Publishing, Reading, MA
- Ellram, L., Siferd, S. (1998). Total cost of ownership: a key concept in strategic cost management decisions. *Journal of Business Logistics*, 19(1), 55-84.
- Fekri, R., Aliahmadi, A., Fathian, M. (2009). Identifying the cause and effect factors of agile NPD process with fuzzy DEMATEL method: the case of Iranian companies. *Journal of Intelligence Manufacturing*, 20, 637-648.
- Fisher, M. L. (1997). What is the right supply chain for your product? *Harvard Business Review*, 75(2), 105-116.
- Hallikas, J., Karvonen, I., et al. (2004). Risk management processes in supplier networks *International Journal of Production Economics*, 90(1), 47-58.

- Harland, C., Brenchley, R., Walker, H. (2003). Risk in supply networks. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(2), 51-62.
- Hauser, L. M. (2003). Risk-adjusted supply chain management. *Supply Chain Management Review*, 7(6), 64-71.
- Hendricks, K., Singhal, V. (2003). The effect of supply chain glitches on shareholder wealth. *Journal of Operations Management*, 21, 501-522.
- Huang, S., Keskar, H. (2007). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 105(2), 510-523.
- Hunter, L. M., Kasouf, C.J., et al. (2004). A classification of business-to-business buying decisions: risk importance and probability as a framework for e-business benefits. *Industrial Marketing Management*, 33(2), 145-154.
- Ketchen Jr., D. J., Giunipero, L. C. (2004). The intersection of strategic management and supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 51-56.
- Kleindorfer, P., Saad, G. (2005). Managing disruption risks in supply chains. *Production and Operations Management*, 14(1), 53-68.
- Knemeyer, A., Zinn, W., Eroglu, C. (2009). Proactive planning for catastrophic events in supply chains. *Journal of Operations Management*, 27, 141-153.
- Ko, M., Tiwari, A., Mehnen, J. (2009). *A review of soft computing applications in supply chain management*. Applied Soft Computing
- Lee, E.K., Ha, S., et al. (2001). Supplier selection and management system considering relationships with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *International Journal of Production Research*, 47(15), 4255-4280.
- Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T., Rao, S.S. (2004). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega - The International Journal of Management Science*, 107-124.
- Li, S., Lin, B. (2006). Accessing information sharing and information quality in supply chain management. *Decision Support Systems*, 42(3), 1641-1656.
- Lin, C. J., Wu, W.W. (2007). A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 34, 205-213.
- Mahnam, M., Yadollahpour, M., Famil-Dardashti, V., Hejazi, S. (2008). Supply chain modeling in uncertain environment with bi-objective approach. *Computers and Industrial Engineering*, 56, 1535-1544.
- Manuj, I., Mentzer, J.T. (2008). Global supply chain risk management. *Journal of Business Logistics*, 29(1), 133-155.
- Mason-Jones, R., Towill, D. R. (1998). Shrinking the supply chain uncertainty circle. *Control, The Institute of Operations Management*, 24(7), 17-22.
- Mitchell, V. W. (1995). Organizational risk perception and reduction: a literature review. *British Journal of Management*, 6(2), 115-133.
- Mitroff, I. I., Alpasan, M.C. (2003). Preparing for the evil. *Harvard Business Review*(April), 109-115.

- Newman, W. R., Hanna, M., Maffei, M.J. (1993). Dealing with the uncertainties of manufacturing: flexibility, buffers and integration. *International Journal of Operations and Production Management*, 13(1), 19-34.
- Norrman, A., Jansson, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 34(5), 434-456.
- Nunes, I. L., (2003). Modelo de sistema pericial difuso para apoio à análise ergonómica de postos de trabalho. *PhD Dissertation*. Lisboa, Portugal: Universidade Nova de Lisboa, 99-136.
- Nunes, I. L., (2010). Handling human-centered systems uncertainty using fuzzy logics – a review. *The Ergonomics Open Journal*, 3, 38-48
- Nunes, Isabel (2010). Documento de trabalho do Projecto Resiliente. FCT/UNL (não publicado)
- Nunes, I. L., Figueira, S., Santos, M., Machado, V.C. (submetido). A Fuzzy Decision Support System for Supply Chain Disturbances Management: Part II – Case studies. FCT/UNL, Departamento Engenharia Mecânica e Industrial, Caparica, Portugal
- Oke, A., Gopalakrishnan, M. (2009). Managing disruptions in supply chains: a case study of a retail supply chain. *International Journal of Production Economics*, 118, 168-174.
- Peck, H. (2005). Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 35(4), 210-232.
- Piller, F.T., Moeslein, K., Stotko, C.M. (2004). Does mass customization pay? An economic approach to evaluate customer integration. *Production Planning and Control*, 15(4), 435-444
- Pine II, B.J. (1993). *Mass Customization: the new frontier in business competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Ponomorov, S. V., Holcomb, M.C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124-143.
- Pujawan, I. N., Geraldin, L.H. (2009). House of risk: a model for proactive supply chain risk management. *Business Process Management Journal*, 15(6), 953-967.
- Rashkovsky, I., Margalio, M. (2007). Nicholson's blowflies revisited: a fuzzy modeling approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 158, 1083-1096.
- Rice, J., Caniato, F. (2003). Building a secure and resilient supply chain. *Supply Chain Management Review*, 7(5), 22-30.
- Ritchie, B., Brindley, C. (2007). Supply chain risk management and performance: a guiding framework for future development *International Journal of Operations and Production Management* 27(3), 303-322.
- Russ, E., Simpson, P., Dobbins, R. (1996). *Computational Intelligence PC tools*. London: AP Professional.

- Saad, N., Kadiramanathan, V. (2006). A DES approach for the contextual load modelling of supply chain system for instability analysis. *Simulation Modelling Practice and Theory* 541-563.
- Sheffi, Y., Rice, J.B., Fleck, J.M., Caniato F. (2003). *Supply chain response to global terrorism: a situation scan*. Artigo apresentado na First EurOMA-POMS Joint International Conference, Como, Italy.
- Sheffi, Y., Rice, J. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41-48.
- Sinha, P. R., Whitman, L.E., Malzahn, D. (2004). Methodology to mitigate supplier risk in an aerospace supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(2), 154-168.
- Smeltzer, L. R., Siferd, S.P. (1998). Proactive supply management: the management of risk. *International Journal of Purchasing and Materials Management* 34(1), 38-45.
- Stauffer, D. (2003). Risk: the weak link in your supply chain. *Harvard Management Update*, 8(3), 3-5.
- Steckle, K., Kumar, S. (2006). Sources of supply chain disruptions, factors that breed vulnerability, and mitigating strategies. University of Texas, Dallas.
- Svensson, G. (2000). A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30, 731-749.
- Svensson, G. (2002). A conceptual framework of vulnerability in firms inbound and outbound logistics flows. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 32(1/2), 110-123.
- Tang, C. S. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics, Research and Applications*, 9, 33-45.
- Tomlin, B. (2006). On the value of the mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks. *Management Science*, 52(5), 637-657.
- Trkman, P., McCormack, K. (2009). Supply chain risk in turbulent environments - A conceptual model for managing supply chain network risk. *International Journal of Production Economics*, 119(2), 247-258.
- Tzeng, G. H., Chiang, C.H., Li, C.W. (2006). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: a novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028-1044.
- Valluri, A., Croson, D.C. (2005). Agent learning in supplier selection models. *Decision Support Systems*, 39(2), 219.
- Van der Vorst, J. G. A. J., Beulens, A.J.M. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 32(6), 409-430.
- Wu, W. W., Lee, Y.T. (2005). Developing global managers competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 499-507.

- Yates, J. F., Stone, E.R. (1992). The risk construct *Risk-Taking Behavior*, John Wiley and Sons, New York.
- Zadeh, L. (1965). *Fuzzy sets*. Inform Control, 8: 338-353
- Zadeh, L. (1973). *The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning*. Elsevier, New York.
- Zadeh, L. (1975). *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – part I*. Inf Sci, 8, 199-249.
- Zadeh, L. (1988). *Fuzzy Logic*. University of California, Berkeley, 83-92.
- Zadeh, L. (1996). Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4(2), 103-111.
- Zadeh, L. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178, 2751-2779.
- Zadeh, L. (2009). Toward extended fuzzy logic - A first step. *Fuzzy Sets and Systems*, 160, 3175-3181.
- Zeng, A. Z., Berger, P., et al. (2005). Managing the supply-side risks in supply chains: taxonomies, processes and examples of decision-making modelling. Applications of supply chain management and e-commerce research. Springer. Berlin
- Zimmermann, H-J. (1996). *Fuzzy set theory and its applications*. 3^a ed. Kluwer Academic Publishers
- Zsidisin, G., Panelli, A., Upton, R. (2000). Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(4), 187-197.
- Zsidisin, G., Melnyk, S., Ragatz, G. (2005). An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management. *International Journal of Production Research*, 43, 3401-3420.

Anexos

Anexo 1.1 - Relação entre estratégias de mitigação e factores que provocam vulnerabilidade na CA
(adaptado de Steck e Kumar (2006))

Estratégias		Factores de vulnerabilidade						
		Globalização	Descentralização	Outsourcing	Redução no número de fornecedores	Políticas JIT	Complexidade da cadeia de abastecimento	Lead Time reduzido
Pró-activas	Localizar instalações em locais “seguros”	M	M	M	B	E	M	MB
	Seleccionar fornecedores localizados em locais “seguros”	E	E	E	E	E	M	MB
	Seleccionar fornecedores robustos	E	M	M	E	M	-	-
	Seleccionar modos de transporte robustos	M	M	M	M	E	E	B
	Estabelecer canais de comunicação seguros	B	B	B	-	MB	-	-
	Reforçar a segurança	-	-	-	-	-	-	B
	Gestão de recursos humanos eficiente	-	-	-	-	-	-	M
Aviso Prévio	Melhorar a visibilidade e coordenação	E	E	B	M	E	B	B
	Aumentar visibilidade dos meios de transporte	M	B	M	M	E	B	-
	Monitorizar as previsões climáticas	B	M	E	E	E	E	-
	Agir consoante o nível de alerta terrorista	B	B	B	-	M	-	-
	Monitorizar ameaças: preferências do cliente, regulamentos e tecnologia	-	-	-	-	-	-	-
Combate	Manter múltiplas instalações de produção com recursos flexíveis	M	M	M	M	B	-	-
	Assegurar <i>stocks</i> de segurança	M	M	M	E	E	M	M
	Possuir fornecedores alternativos	M	M	M	E	E	M	-
	Seleccionar múltiplas opções de transporte flexíveis	E	E	E	E	E	MB	-
	Manter redundância nos componentes críticos	-	-	-	-	E	-	-
	<i>Standardizar</i> / Simplificar processos	E	E	M	B	B	E	MB
	Design do produto para arquitectura controlada	M	B	B	B	B	-	-
	Influência na escolha do cliente	-	-	-	-	-	-	-
	Seguro contra múltiplos riscos	M	M	M	M	M	B	-

Legenda: Elevado (E), Médio (M), Baixo (B), Muito baixo (MB)

Anexo 1.2 - Relação entre estratégias de mitigação e tipos de distúrbios (adaptado de Steck e Kumar (2006))

Distúrbios		Naturais						Acidentes		Não-terroristas		Terroristas							
		Destruição de infra-estruturas		Distúrbios nos transportes	Perigo para a saúde pública	Condições climáticas extremas	Incêndios naturais	Acidentes industriais	Acidentes c/ transportes	Greves	Meio envolvente	Ataques a infra-estruturas	Violência, assassinio em massa	Terrorismo biológico, químico ou nuclear	Farsas de propaganda	Assassinios políticos	Sabotagem de meios de transporte	Cyber terrorismo	Guerra
Estratégias	Exemplos	Sismos	Furacões e inundações	Tempestades, deslizamento de terras, neve, chuva, avalanches	Epidemias, fome	Vagas de frio, temperaturas extremas	Erupções vulcânicas, incêndios florestais	Fugas de gás	Descarrilamento de comboios, acidentes de avião	Greves de trabalhadores, greves políticas	Mudanças orçamentais, estilo de vida, tecnologia	Serviços públicos e comunicações	Atentados em locais públicos	Gás Sarin, Antrax	Atentados		Pirataria aérea, descarrilamento de comboios	Vírus informáticos	Guerra do Golfo
Pró-ativas	Localizar instalações em locais “seguros”	E	E	E	B	M	E	M	B	E	B	E	M	E	B	B	B	B	E
	Seleccionar fornecedores localizados em locais “seguros”	E	E	E	B	B	M	M	B	M	MB	E	M	E	B	B	B	B	E
	Seleccionar fornecedores robustos	E	E	E	-	E	E	E	E	B	B	E	M	B	B	B	E	B	M
	Seleccionar modos de transporte robustos	M	M	E	-	B	M	E	E	B	-	M	M	E	B	M	E	B	B
	Estabelecer canais de comunicação seguros	E	E	-	-	-	M	B	B	-	-	M	B	E	B	B	MB	E	-
	Reforçar a segurança	-	-	-	-	-	-	E	M	E	-	E	E	M	E	B	E	B	-
Aviso Prévio	Gestão de recursos humanos eficiente	-	-	-	-	-	-	E	E	E	-	E	E	M	E	-	E	E	-
	Melhorar a visibilidade e coordenação	M	M	E		M	M	E	E	E	M	B	B	B	E	B	M	E	B
	Aumentar visibilidade dos meios de transporte	M	M	E		B	M	E	E	B	-	E	B	B	E	B	E	E	B
	Monitorizar as previsões climáticas	-	E	E	E	E	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agir consoante o nível de alerta terrorista	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	-
Combate	Monitorizar ameaças: preferências do cliente, regulamentos e tecnologia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-	
	Manter múltiplas instalações de produção com recursos flexíveis	M	M	E	B	E	M	E	E	M	-	E	B	M	B	M	E	M	M
	Assegurar stocks de segurança	M	M	E	-	E	E	E	E	E	-	E	E	B	E	M	E	B	B
	Possuir fornecedores alternativos	E	E	E	-	M	E	E	E	E	-	E	E	E	M	E	E	B	E
	Seleccionar múltiplas opções de transporte flexíveis	M	M	E	-	MB	M	E	E	B	-	M	M	E	B	M	E	-	B
	Manter redundância nos componentes críticos	M	M	-	-	B	B	B	B	MB	-	E	B	B	B	B	-	M	B
	Standardizar / Simplificar processos	M	M	M		E	M	M	M	E	M	M	E	E	B	M	M	B	M
	Design do produto para arquitectura controlada	E	E	E		M	E	E	E	E	M	E	E	M	B	E	E	B	E
Influência na escolha do cliente	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Seguro contra múltiplos riscos	E	E	E	MB	E	E	E	E	E	E	-	E	B	E	-	MB	M	M	B

Legenda: Elevado (E), Médio (M), Baixo (B), Muito baixo (MB)

Anexo 1.3 – Medidas de mitigação e seu impacto

(adaptado de Knemeyer et al. (2008))

Medidas de mitigação	Probabilidade geral de um de um evento catastrófico provocar um impacto local	Impacto nas perdas estimadas decorrentes de um evento catastrófico
Recolocar instalações longe de locais com elevado risco	↓	↓
Adicionar instalações/ fornecedores de forma a aumentar a cobertura fornecedora da cadeia de abastecimento	↔	↓
Aumentar o número de efectivos de segurança no local	↓	↔
Aumentar o nível de vigilância electrónica no local	↓	↔
Reestruturar instalações de forma a aumentar a preparação face à ocorrência de tempestades	↔	↓
Construir barreiras protectoras de forma a proteger as instalações da ocorrência de inundações	↔	↓
Construir novas instalações com materiais existentes de forma a suportar mais eficientemente os eventos catastróficos	↔	↓
Estabelecer parcerias com elementos externos que provocam o aumento de flexibilidade da rede de fornecimento, permitindo uma resposta mais adequada à ocorrência de eventos catastróficos	↔	↓
Constituir seguros que cubram potenciais perdas	↔	↓
Não fazer nada	↔	↔
Aumentar o nível de fiscalização dos colaboradores	↓	↔
Armazenar adequadamente ficheiros-chave e informação electrónica	↔	↓
Aumentar os níveis de stock nas instalações fornecidas por localizações-chave	↔	↓
Estabelecer acordos com portos de entrada alternativos	↔	↓
Adicionar o risco de exposição a catástrofes ao critério de selecção de fornecedores	↓	↔

Anexo 2.1 – Indicadores de desempenho para o cenário base - determinístico (fornecedor 1 e 2)

Período	Desempenho Fornecedor 1			Desempenho Fornecedor 2		
	Indicador de desempenho			Indicador de desempenho		
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)
1	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	
2	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	
3	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	
4	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
5	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
6	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
7	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
8	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
9	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
10	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
11	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
12	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
13	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
14	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
15	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
16	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
17	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
18	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
19	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
20	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
21	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
22	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
23	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
24	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
25	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
26	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
27	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
28	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
29	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
30	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
31	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
32	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
33	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
34	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
35	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
36	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
37	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
38	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
39	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
40	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
41	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
42	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
43	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
44	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
45	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
46	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
47	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
48	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
49	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
50	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
51	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
52	100,00%	75,00%	0,8751	100,00%	68,75%	0,8456
53	100,00%	75,00%	0,9167	100,00%	68,75%	0,8456
54	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456
55	0,00%	0,00%		100,00%	68,75%	0,8456

Anexo 2.2 – Indicadores de desempenho para o cenário base - determinístico (produtor 1 e 2)

Período	Desempenho Produtor 1			Desempenho Produtor 2		
	Indicador de desempenho			Indicador de desempenho		
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)
1	100,00%	12,50%	0,8715	0,00%	0,00%	
2	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
3	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
4	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
5	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
6	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
7	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
8	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
9	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
10	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
11	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
12	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
13	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
14	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
15	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
16	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
17	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
18	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
19	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
20	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
21	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
22	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
23	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
24	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
25	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
26	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
27	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
28	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
29	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
30	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
31	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
32	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
33	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
34	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
35	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
36	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
37	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
38	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
39	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
40	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
41	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
42	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
43	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
44	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
45	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
46	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
47	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
48	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
49	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
50	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
51	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
52	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
53	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
54	100,00%	15,63%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161
55	100,00%	15,62%	0,8556	100,00%	6,25%	0,8161

Anexo 2.3 – Indicadores de desempenho para o cenário base - determinístico (produtor 3)

Desempenho Produtor 3			
Período	Indicador de desempenho		
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)
1	100,00%	12,50%	0,8715
2	100,00%	15,63%	0,8556
3	100,00%	15,63%	0,8556
4	100,00%	15,63%	0,8556
5	100,00%	15,63%	0,8556
6	100,00%	15,63%	0,8556
7	100,00%	15,63%	0,8556
8	100,00%	15,63%	0,8556
9	100,00%	15,63%	0,8556
10	100,00%	15,63%	0,8556
11	100,00%	15,63%	0,8556
12	100,00%	15,63%	0,8556
13	100,00%	15,63%	0,8556
14	100,00%	15,63%	0,8556
15	100,00%	15,63%	0,8556
16	100,00%	15,63%	0,8556
17	100,00%	15,63%	0,8556
18	100,00%	15,63%	0,8556
19	100,00%	15,63%	0,8556
20	100,00%	15,63%	0,8556
21	100,00%	15,62%	0,8556
22	100,00%	15,63%	0,8556
23	100,00%	15,63%	0,8556
24	100,00%	15,63%	0,8556
25	100,00%	15,62%	0,8556
26	100,00%	15,63%	0,8556
27	100,00%	15,63%	0,8556
28	100,00%	15,63%	0,8556
29	100,00%	15,62%	0,8556
30	100,00%	15,62%	0,8556
31	100,00%	15,63%	0,8556
32	100,00%	15,63%	0,8556
33	100,00%	15,63%	0,8556
34	100,00%	15,62%	0,8556
35	100,00%	15,63%	0,8556
36	100,00%	15,63%	0,8556
37	100,00%	15,63%	0,8556
38	100,00%	15,62%	0,8556
39	100,00%	15,62%	0,8556
40	100,00%	15,62%	0,8556
41	100,00%	15,63%	0,8556
42	100,00%	15,62%	0,8556
43	100,00%	15,62%	0,8556
44	100,00%	15,63%	0,8556
45	100,00%	15,63%	0,8556
46	100,00%	15,63%	0,8556
47	100,00%	15,62%	0,8556
48	100,00%	15,63%	0,8556
49	100,00%	15,63%	0,8556
50	100,00%	15,62%	0,8556
51	100,00%	15,63%	0,8556
52	100,00%	15,62%	0,8556
53	100,00%	15,62%	0,8556
54	100,00%	15,63%	0,8556
55	100,00%	15,62%	0,8556

Anexo 2.4 – Indicadores de desempenho para o cenário base - estocástico (fornecedor 1 e 2)

Período	Desempenho Fornecedor 1			Desempenho Fornecedor 2		
	Indicador de desempenho			Indicador de desempenho		
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)
1	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	
2	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	
3	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	
4	0,00%	0,00%		100,00%	79,30%	1,0000
5	0,00%	0,00%		100,00%	77,83%	1,0000
6	0,00%	0,00%		100,00%	77,73%	1,0000
7	100,00%	82,52%	1,0000	100,00%	77,00%	1,0000
8	100,00%	80,44%	1,0000	100,00%	79,80%	1,0000
9	0,00%	0,00%		100,00%	76,90%	1,0000
10	0,00%	0,00%		100,00%	79,62%	1,0000
11	0,00%	0,00%		100,00%	79,02%	1,0000
12	100,00%	84,45%	1,0000	100,00%	81,77%	1,0000
13	100,00%	80,74%	1,0000	100,00%	78,06%	1,0000
14	0,00%	0,00%		100,00%	78,88%	1,0000
15	0,00%	0,00%		100,00%	78,72%	1,0000
16	0,00%	0,00%		100,00%	78,74%	1,0000
17	100,00%	80,73%	1,0000	100,00%	76,92%	1,0000
18	100,00%	82,41%	1,0000	100,00%	79,06%	1,0000
19	0,00%	0,00%		100,00%	78,08%	1,0000
20	0,00%	0,00%		100,00%	77,75%	1,0000
21	0,00%	0,00%		100,00%	77,11%	1,0000
22	100,00%	83,01%	1,0000	100,00%	80,08%	1,0000
23	100,00%	82,68%	1,0000	100,00%	77,69%	1,0000
24	0,00%	0,00%		100,00%	78,43%	1,0000
25	0,00%	0,00%		100,00%	79,76%	1,0000
26	0,00%	0,00%		100,00%	79,22%	1,0000
27	100,00%	82,78%	1,0000	100,00%	79,01%	1,0000
28	100,00%	80,74%	1,0000	100,00%	80,34%	1,0000
29	0,00%	0,00%		100,00%	78,81%	1,0000
30	0,00%	0,00%		100,00%	78,31%	1,0000
31	0,00%	0,00%		100,00%	80,54%	1,0000
32	100,00%	82,29%	1,0000	100,00%	75,06%	1,0000
33	100,00%	83,27%	1,0000	100,00%	81,19%	1,0000
34	0,00%	0,00%		100,00%	78,68%	1,0000
35	0,00%	0,00%		100,00%	80,40%	1,0000
36	0,00%	0,00%		100,00%	78,53%	1,0000
37	100,00%	82,21%	1,0000	100,00%	77,91%	1,0000
38	100,00%	82,26%	1,0000	100,00%	76,80%	1,0000
39	0,00%	0,00%		100,00%	79,64%	1,0000
40	0,00%	0,00%		100,00%	78,45%	1,0000
41	0,00%	0,00%		100,00%	78,60%	1,0000
42	100,00%	81,26%	1,0000	100,00%	79,40%	1,0000
43	100,00%	83,12%	1,0000	100,00%	78,38%	1,0000
44	0,00%	0,00%		100,00%	78,67%	1,0000
45	0,00%	0,00%		100,00%	76,11%	1,0000
46	0,00%	0,00%		100,00%	78,23%	1,0000
47	100,00%	83,75%	1,0000	100,00%	78,50%	1,0000
48	100,00%	82,26%	1,0000	100,00%	78,02%	1,0000
49	0,00%	0,00%		100,00%	78,15%	1,0000
50	0,00%	0,00%		100,00%	77,32%	1,0000
51	0,00%	0,00%		100,00%	79,04%	1,0000
52	100,00%	81,09%	1,0000	100,00%	78,01%	1,0000
53	100,00%	83,74%	1,0000	100,00%	76,27%	1,0000
54	0,00%	0,00%		100,00%	77,15%	1,0000
55	0,00%	0,00%		100,00%	77,66%	1,0000

Anexo 2.5 – Indicadores de desempenho para o cenário base - estocástico (produtor 1 e 2)

Período	Desempenho Produtor 1			Desempenho Produtor 2		
	Indicador de desempenho			Indicador de desempenho		
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)
1	100,00%	12,70%	1,0000	0,00%	0,00%	
2	99,83%	15,87%	1,0014	93,33%	5,91%	1,0000
3	99,75%	15,89%	1,0021	86,67%	5,91%	1,0292
4	100,00%	15,81%	1,0000	86,67%	5,97%	1,0292
5	99,92%	15,95%	1,0007	93,33%	6,33%	1,0272
6	99,92%	15,87%	1,0007	93,33%	5,99%	1,0000
7	99,92%	15,87%	1,0007	86,67%	5,96%	1,0292
8	100,00%	15,95%	1,0000	90,00%	6,12%	1,0281
9	99,83%	15,89%	1,0014	93,33%	6,14%	1,0140
10	99,75%	15,85%	1,0021	93,33%	6,12%	1,0140
11	99,83%	15,88%	1,0014	96,67%	6,34%	1,0136
12	99,92%	15,89%	1,0007	93,33%	5,92%	1,0000
13	99,67%	15,92%	1,0029	86,67%	5,91%	1,0439
14	100,00%	15,95%	1,0000	90,00%	6,34%	1,0409
15	99,83%	15,90%	1,0014	96,67%	6,18%	1,0000
16	100,00%	15,92%	1,0000	96,67%	6,29%	1,0136
17	99,75%	15,84%	1,0021	90,00%	5,74%	1,0000
18	99,83%	15,93%	1,0015	90,00%	6,38%	1,0408
19	99,83%	15,96%	1,0014	100,00%	6,36%	1,0000
20	100,00%	15,95%	1,0000	100,00%	6,40%	1,0000
21	100,00%	15,91%	1,0000	100,00%	6,36%	1,0000
22	99,83%	15,90%	1,0014	96,67%	6,13%	1,0000
23	99,92%	15,91%	1,0007	90,00%	5,94%	1,0146
24	99,83%	15,91%	1,0014	93,33%	6,36%	1,0273
25	99,83%	15,89%	1,0014	90,00%	5,75%	1,0000
26	99,83%	15,93%	1,0014	86,67%	6,15%	1,0423
27	99,92%	16,02%	1,0007	96,67%	6,27%	1,0136
28	99,92%	15,90%	1,0007	96,67%	6,16%	1,0000
29	99,92%	15,86%	1,0007	96,67%	6,33%	1,0272
30	99,75%	15,93%	1,0021	90,00%	5,98%	1,0146
31	99,92%	15,91%	1,0007	90,00%	6,15%	1,0281
32	99,75%	15,90%	1,0021	93,33%	6,10%	1,0140
33	99,75%	15,94%	1,0021	96,67%	6,36%	1,0136
34	99,83%	15,94%	1,0014	100,00%	6,37%	1,0000
35	99,75%	15,91%	1,0022	100,00%	6,32%	1,0000
36	99,75%	15,86%	1,0021	93,33%	5,95%	1,0000
37	99,83%	15,85%	1,0014	93,33%	6,44%	1,0272
38	100,00%	15,81%	1,0000	96,67%	6,13%	1,0000
39	99,92%	15,93%	1,0007	96,67%	6,43%	1,0136
40	99,83%	15,86%	1,0014	100,00%	6,39%	1,0000
41	99,75%	15,92%	1,0022	100,00%	6,35%	1,0000
42	100,00%	15,95%	1,0000	100,00%	6,36%	1,0000
43	99,83%	15,90%	1,0014	96,67%	6,11%	1,0000
44	99,92%	15,87%	1,0007	86,67%	5,74%	1,0151
45	99,75%	15,86%	1,0021	86,67%	6,17%	1,0422
46	99,67%	15,87%	1,0029	96,67%	6,41%	1,0136
47	99,83%	15,92%	1,0014	96,67%	6,25%	1,0000
48	99,83%	15,90%	1,0014	96,67%	6,33%	1,0136
49	99,92%	15,91%	1,0007	100,00%	6,39%	1,0000
50	99,83%	15,93%	1,0014	96,67%	6,15%	1,0000
51	99,75%	15,90%	1,0021	93,33%	6,14%	1,0141
52	99,75%	15,94%	1,0021	96,67%	6,37%	1,0136
53	99,50%	15,93%	1,0043	100,00%	6,33%	1,0000
54	99,92%	15,97%	1,0007	93,33%	5,98%	1,0000
55	99,92%	15,88%	1,0007	93,33%	6,38%	1,0272

Anexo 2.6 – Indicadores de desempenho para o cenário base - estocástico (produtor 3)

Período	Desempenho Produtor 3		
	Indicador de desempenho		
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)
1	100,00%	12,78%	1,0000
2	100,00%	15,88%	1,0000
3	100,00%	15,88%	1,0000
4	100,00%	15,85%	1,0000
5	100,00%	15,90%	1,0000
6	100,00%	15,86%	1,0000
7	100,00%	15,89%	1,0000
8	100,00%	15,81%	1,0000
9	100,00%	15,87%	1,0000
10	100,00%	15,94%	1,0000
11	100,00%	15,80%	1,0000
12	100,00%	15,91%	1,0000
13	100,00%	15,90%	1,0000
14	100,00%	15,81%	1,0000
15	100,00%	15,98%	1,0000
16	100,00%	15,85%	1,0000
17	100,00%	15,94%	1,0000
18	100,00%	15,84%	1,0000
19	100,00%	15,82%	1,0000
20	100,00%	15,90%	1,0000
21	100,00%	15,93%	1,0000
22	100,00%	15,91%	1,0000
23	100,00%	15,88%	1,0000
24	100,00%	15,84%	1,0000
25	100,00%	15,86%	1,0000
26	100,00%	15,94%	1,0000
27	100,00%	15,92%	1,0000
28	100,00%	15,84%	1,0000
29	100,00%	15,88%	1,0000
30	100,00%	15,94%	1,0000
31	100,00%	15,90%	1,0000
32	100,00%	15,88%	1,0000
33	100,00%	15,89%	1,0000
34	100,00%	15,85%	1,0000
35	100,00%	15,90%	1,0000
36	100,00%	15,89%	1,0000
37	100,00%	15,91%	1,0000
38	100,00%	15,91%	1,0000
39	100,00%	15,90%	1,0000
40	100,00%	15,85%	1,0000
41	100,00%	15,92%	1,0000
42	100,00%	15,79%	1,0000
43	100,00%	15,93%	1,0000
44	100,00%	15,92%	1,0000
45	100,00%	15,91%	1,0000
46	100,00%	15,88%	1,0000
47	100,00%	15,91%	1,0000
48	100,00%	15,91%	1,0000
49	100,00%	15,89%	1,0000
50	100,00%	15,85%	1,0000
51	100,00%	15,98%	1,0000
52	100,00%	15,93%	1,0000
53	100,00%	15,88%	1,0000
54	100,00%	15,91%	1,0000
55	100,00%	15,93%	1,0000

Anexo 3.1 – Indicadores de desempenho para o cenário 1 - distúrbio (fornecedor 2 e produtor 2)

Período	Desempenho Fornecedor 2				Desempenho Produtor 2				
	Indicador de desempenho				Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)
1	0,00%	0,00%		0	0,00%	0,00%	0,00%		0
2	0,00%	0,00%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
3	0,00%	0,00%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
4	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
5	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
6	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
7	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
8	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
9	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
10	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
11	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
12	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
13	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
14	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
15	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
16	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
17	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
18	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
19	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
20	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
21	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
22	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
23	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
24	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
25	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
26	0,00%	99,63%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
27	0,00%	100,00%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
28	50,00%	100,00%	1,5018	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
29	0,00%	100,00%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
30	66,67%	100,00%	2,0018	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
31	0,00%	100,00%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
32	75,00%	100,00%	2,5018	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
33	0,00%	100,00%		0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
34	80,00%	100,00%	3,0018	1	0,00%	0,00%	0,00%		0
35	0,00%	100,00%		0	0,00%	6,25%	56,67%	1,8161	1
36	83,33%	100,00%	3,4237	2	0,00%	0,00%	0,00%		0
37	80,00%	100,00%	3,1893	1	50,00%	6,25%	56,67%	2,8161	1
38	80,00%	100,00%	2,9549	2	50,00%	6,25%	94,15%	2,8161	1
39	75,00%	100,00%	2,7206	1	50,00%	6,25%	75,85%	2,8161	1
40	75,00%	100,00%	2,4862	2	50,00%	6,25%	94,15%	2,3161	2
41	66,67%	100,00%	2,2518	1	0,00%	6,25%	75,85%	1,8161	1
42	66,67%	100,00%	2,0174	2	0,00%	6,25%	56,67%	1,3161	1
43	50,00%	100,00%	1,7831	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
44	50,00%	100,00%	1,5487	2	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
45	0,00%	100,00%	1,3143	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
46	0,00%	100,00%	1,1581	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
47	0,00%	69,12%	0,9237	1	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
48	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
49	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
50	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
51	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
52	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
53	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
54	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
55	100,00%	68,75%	0,8456	0	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0

Anexo 3.2 – Indicadores de desempenho para o cenário 1 – distúrbio (produtor 3)

Desempenho Produtor 3				
Período	Indicador de desempenho			
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)
1	100,00%	12,50%	0,8715	0
2	100,00%	15,63%	0,8556	0
3	100,00%	15,63%	0,8556	0
4	100,00%	15,63%	0,8556	0
5	100,00%	15,63%	0,8556	0
6	100,00%	15,63%	0,8556	0
7	100,00%	15,63%	0,8556	0
8	100,00%	15,63%	0,8556	0
9	100,00%	15,63%	0,8556	0
10	100,00%	15,63%	0,8556	0
11	100,00%	15,63%	0,8556	0
12	100,00%	15,63%	0,8556	0
13	100,00%	15,63%	0,8556	0
14	100,00%	15,63%	0,8556	0
15	100,00%	15,63%	0,8556	0
16	100,00%	15,63%	0,8556	0
17	100,00%	15,63%	0,8556	0
18	100,00%	15,63%	0,8556	0
19	100,00%	15,63%	0,8556	0
20	100,00%	15,63%	0,8556	0
21	100,00%	15,62%	0,8556	0
22	100,00%	15,63%	0,8556	0
23	100,00%	15,63%	0,8556	0
24	100,00%	15,63%	0,8556	0
25	100,00%	15,62%	0,8556	0
26	100,00%	15,63%	0,8556	0
27	100,00%	15,63%	0,8556	0
28	100,00%	15,63%	0,8556	0
29	100,00%	15,62%	0,8556	0
30	100,00%	15,62%	0,8556	0
31	100,00%	15,63%	0,8556	0
32	100,00%	15,63%	0,8617	0
33	100,00%	12,50%	0,8715	0
34	97,56%	15,63%	0,8861	1
35	97,56%	12,50%	0,8715	0
36	97,62%	15,63%	0,9105	1
37	97,62%	18,75%	0,9238	2
38	97,56%	15,63%	0,8861	1
39	97,56%	18,75%	0,8821	1
40	100,00%	15,62%	0,8617	0
41	100,00%	15,63%	0,8556	0
42	100,00%	15,62%	0,8556	0
43	100,00%	15,62%	0,8556	0
44	100,00%	15,63%	0,8556	0
45	100,00%	15,63%	0,8556	0
46	100,00%	15,63%	0,8556	0
47	100,00%	15,62%	0,8556	0
48	100,00%	15,63%	0,8556	0
49	100,00%	15,63%	0,8556	0
50	100,00%	15,62%	0,8556	0
51	100,00%	15,63%	0,8556	0
52	100,00%	15,62%	0,8556	0
53	100,00%	15,62%	0,8556	0
54	100,00%	15,63%	0,8556	0
55	100,00%	15,62%	0,8556	0

Anexo 3.3 – Indicadores de desempenho para o cenário 1 - mitigação (fornecedor 2)

Desempenho Fornecedor 2				
Período	Indicador de desempenho			
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)
1	0,00%	0,00%		0
2	0,00%	0,00%		0
3	0,00%	0,00%		0
4	100,00%	68,75%	0,8456	0
5	100,00%	68,75%	0,8456	0
6	100,00%	68,75%	0,8456	0
7	100,00%	68,75%	0,8456	0
8	100,00%	68,75%	0,8456	0
9	100,00%	68,75%	0,8456	0
10	100,00%	68,75%	0,8456	0
11	100,00%	68,75%	0,8456	0
12	100,00%	68,75%	0,8456	0
13	100,00%	68,75%	0,8456	0
14	100,00%	68,75%	0,8456	0
15	100,00%	68,75%	0,8456	0
16	100,00%	68,75%	0,8456	0
17	100,00%	68,75%	0,8456	0
18	100,00%	68,75%	0,8456	0
19	100,00%	68,75%	0,8456	0
20	100,00%	68,75%	0,8456	0
21	100,00%	68,75%	0,8456	0
22	100,00%	68,75%	0,8456	0
23	100,00%	68,75%	0,8456	0
24	100,00%	68,75%	0,8456	0
25	100,00%	68,75%	0,8456	0
26	0,00%	99,63%		0
27	0,00%	100,00%	1,0018	1
28	0,00%	100,00%	1,0018	1
29	0,00%	100,00%	1,0018	1
30	0,00%	100,00%	1,0018	1
31	0,00%	69,12%	0,9237	1
32	100,00%	68,75%	0,8456	0
33	100,00%	68,75%	0,8456	0
34	100,00%	68,75%	0,8456	0
35	100,00%	68,75%	0,8456	0
36	100,00%	68,75%	0,8456	0
37	100,00%	68,75%	0,8456	0
38	100,00%	68,75%	0,8456	0
39	100,00%	68,75%	0,8456	0
40	100,00%	68,75%	0,8456	0
41	100,00%	68,75%	0,8456	0
42	100,00%	68,75%	0,8456	0
43	100,00%	68,75%	0,8456	0
44	100,00%	68,75%	0,8456	0
45	100,00%	68,75%	0,8456	0
46	100,00%	68,75%	0,8456	0
47	100,00%	68,75%	0,8456	0
48	100,00%	68,75%	0,8456	0
49	100,00%	68,75%	0,8456	0
50	100,00%	68,75%	0,8456	0
51	100,00%	68,75%	0,8456	0
52	100,00%	68,75%	0,8456	0
53	100,00%	68,75%	0,8456	0
54	100,00%	68,75%	0,8456	0
55	100,00%	68,75%	0,8456	0

Anexo 3.4 – Indicadores de desempenho para o cenário 3 - distúrbio (produtor 2)

Desempenho Produtor 2				
Período	Indicador de desempenho			
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)
1	0,00%	0,00%		0
2	100,00%	6,25%	0,8161	0
3	100,00%	6,25%	0,8161	0
4	100,00%	6,25%	0,8161	0
5	100,00%	6,25%	0,8161	0
6	100,00%	6,25%	0,8161	0
7	100,00%	6,25%	0,8161	0
8	100,00%	6,25%	0,8161	0
9	100,00%	6,25%	0,8161	0
10	100,00%	6,25%	0,8161	0
11	100,00%	6,25%	0,8161	0
12	100,00%	6,25%	0,8161	0
13	100,00%	6,25%	0,8161	0
14	100,00%	6,25%	0,8161	0
15	100,00%	6,25%	0,8161	0
16	100,00%	6,25%	0,8161	0
17	100,00%	6,25%	0,8161	0
18	100,00%	6,25%	0,8161	0
19	100,00%	6,25%	0,8161	0
20	100,00%	6,25%	0,8161	0
21	100,00%	6,25%	0,8161	0
22	100,00%	6,25%	0,8161	0
23	100,00%	6,25%	0,8161	0
24	100,00%	6,25%	0,8161	0
25	100,00%	6,25%	0,8161	0
26	0,00%	24,63%		0
27	0,00%	100,00%	1,7536	1
28	0,00%	100,00%	1,7536	1
29	0,00%	100,00%	1,7536	1
30	0,00%	100,00%	1,7536	1
31	0,00%	81,62%	1,2849	1
32	100,00%	6,25%	0,8161	0
33	100,00%	6,25%	0,8161	0
34	100,00%	6,25%	0,8161	0
35	100,00%	6,25%	0,8161	0
36	100,00%	6,25%	0,8161	0
37	100,00%	6,25%	0,8161	0
38	100,00%	6,25%	0,8161	0
39	100,00%	6,25%	0,8161	0
40	100,00%	6,25%	0,8161	0
41	100,00%	6,25%	0,8161	0
42	100,00%	6,25%	0,8161	0
43	100,00%	6,25%	0,8161	0
44	100,00%	6,25%	0,8161	0
45	100,00%	6,25%	0,8161	0
46	100,00%	6,25%	0,8161	0
47	100,00%	6,25%	0,8161	0
48	100,00%	6,25%	0,8161	0
49	100,00%	6,25%	0,8161	0
50	100,00%	6,25%	0,8161	0
51	100,00%	6,25%	0,8161	0
52	100,00%	6,25%	0,8161	0
53	100,00%	6,25%	0,8161	0
54	100,00%	6,25%	0,8161	0
55	100,00%	6,25%	0,8161	0

Anexo 3.5 – Indicadores de desempenho para o cenário 4 - distúrbio (produtor 2)

Desempenho Produtor 2					
Período	Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)
1	0,00%	0,00%	0,00%		0
2	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
3	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
4	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
5	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
6	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
7	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
8	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
9	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
10	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
11	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
12	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
13	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
14	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
15	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
16	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
17	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
18	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
19	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
20	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
21	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
22	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
23	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
24	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
25	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
26	0,00%	24,63%	56,67%		0
27	0,00%	100,00%	56,67%	1,7536	1
28	0,00%	100,00%	56,67%	1,7536	1
29	0,00%	100,00%	56,67%	1,7536	1
30	0,00%	100,00%	56,67%	1,7536	1
31	0,00%	81,62%	56,67%	1,2849	1
32	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
33	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
34	0,00%	0,00%	0,00%		0
35	0,00%	6,25%	56,67%	1,8161	1
36	0,00%	0,00%	0,00%		0
37	50,00%	6,25%	56,67%	2,8161	1
38	50,00%	6,25%	94,15%	2,8161	1
39	50,00%	6,25%	75,85%	2,8161	1
40	50,00%	6,25%	94,15%	2,3161	2
41	0,00%	6,25%	75,85%	1,8161	1
42	0,00%	6,25%	56,67%	1,3161	1
43	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
44	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
45	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
46	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
47	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
48	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
49	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
50	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
51	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
52	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
53	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
54	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0
55	100,00%	6,25%	56,67%	0,8161	0

Anexo 3.6 – Indicadores de desempenho para o cenário 4 - mitigação (produtor 2)

Desempenho Produtor 2				
Período	Indicador de desempenho			
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)
1	0,00%	0,00%		0
2	100,00%	6,25%	0,8161	0
3	100,00%	6,25%	0,8161	0
4	100,00%	6,25%	0,8161	0
5	100,00%	6,25%	0,8161	0
6	100,00%	6,25%	0,8161	0
7	100,00%	6,25%	0,8161	0
8	100,00%	6,25%	0,8161	0
9	100,00%	6,25%	0,8161	0
10	100,00%	6,25%	0,8161	0
11	100,00%	6,25%	0,8161	0
12	100,00%	6,25%	0,8161	0
13	100,00%	6,25%	0,8161	0
14	100,00%	6,25%	0,8161	0
15	100,00%	6,25%	0,8161	0
16	100,00%	6,25%	0,8161	0
17	100,00%	6,25%	0,8161	0
18	100,00%	6,25%	0,8161	0
19	100,00%	6,25%	0,8161	0
20	100,00%	6,25%	0,8161	0
21	100,00%	6,25%	0,8161	0
22	100,00%	6,25%	0,8161	0
23	100,00%	6,25%	0,8161	0
24	100,00%	6,25%	0,8161	0
25	100,00%	6,25%	0,8161	0
26	0,00%	24,63%		0
27	0,00%	100,00%	1,7536	1
28	0,00%	50,00%	1,2536	1
29	0,00%	50,00%	1,2536	1
30	0,00%	50,00%	1,2536	1
31	0,00%	31,62%	1,0349	1
32	100,00%	6,25%	0,8161	0
33	100,00%	6,25%	0,8161	0
34	100,00%	6,25%	0,8161	0
35	100,00%	6,25%	0,8161	0
36	100,00%	6,25%	0,8161	0
37	100,00%	6,25%	0,8161	0
38	100,00%	6,25%	0,8161	0
39	100,00%	6,25%	0,8161	0
40	100,00%	6,25%	0,8161	0
41	100,00%	6,25%	0,8161	0
42	100,00%	6,25%	0,8161	0
43	100,00%	6,25%	0,8161	0
44	100,00%	6,25%	0,8161	0
45	100,00%	6,25%	0,8161	0
46	100,00%	6,25%	0,8161	0
47	100,00%	6,25%	0,8161	0
48	100,00%	6,25%	0,8161	0
49	100,00%	6,25%	0,8161	0
50	100,00%	6,25%	0,8161	0
51	100,00%	6,25%	0,8161	0
52	100,00%	6,25%	0,8161	0
53	100,00%	6,25%	0,8161	0
54	100,00%	6,25%	0,8161	0
55	100,00%	6,25%	0,8161	0

Anexo 3.7 – Indicadores de desempenho para o cenário 5 - distúrbio (fornecedor 2)

Desempenho Fornecedor 2					
Período	Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%		0	0,00
2	0,00%	0,00%		0	0,00
3	0,00%	0,00%		0	213,54
4	100,00%	79,18%	0,8977	0	227,80
5	100,00%	75,93%	0,8815	0	228,56
6	100,00%	76,80%	0,8858	0	227,62
7	100,00%	77,55%	0,8896	0	227,95
8	100,00%	79,67%	0,9002	0	227,28
9	100,00%	77,07%	0,8872	0	227,36
10	100,00%	79,05%	0,8970	0	227,61
11	100,00%	79,36%	0,8986	0	228,49
12	100,00%	79,42%	0,8989	0	227,24
13	100,00%	75,38%	0,8787	0	226,71
14	100,00%	80,06%	0,9021	0	227,95
15	100,00%	79,43%	0,8990	0	227,26
16	100,00%	81,60%	0,9098	0	230,12
17	100,00%	79,68%	0,9002	0	227,37
18	100,00%	80,55%	0,9046	0	228,59
19	100,00%	76,96%	0,8866	0	228,51
20	100,00%	78,87%	0,8962	0	230,10
21	100,00%	78,60%	0,8948	0	227,97
22	100,00%	78,61%	0,8949	0	226,19
23	100,00%	78,30%	0,8933	0	228,83
24	100,00%	81,23%	0,9080	0	228,69
25	100,00%	79,22%	0,8979	0	225,94
26	0,00%	99,63%		0	217,06
27	0,00%	100,00%		0	215,95
28	50,00%	100,00%	1,5018	1	247,27
29	0,00%	100,00%		0	214,86
30	66,67%	100,00%	2,0018	1	245,77
31	0,00%	100,00%		0	214,88
32	75,00%	100,00%	2,5018	1	244,66
33	0,00%	100,00%		0	216,04
34	80,00%	100,00%	3,0018	1	244,33
35	0,00%	100,00%		0	214,64
36	83,33%	100,00%	3,4452	2	257,81
37	80,00%	100,00%	3,2840	1	229,92
38	80,00%	100,00%	3,1763	1	231,09
39	79,33%	100,00%	3,0135	2	230,14
40	76,83%	100,00%	2,8661	1	232,70
41	75,17%	100,00%	2,7428	1	228,40
42	74,44%	100,00%	2,6036	1	232,14
43	71,11%	100,00%	2,4488	1	229,85
44	68,61%	100,00%	2,3058	1	231,23
45	66,39%	100,00%	2,1552	1	232,92
46	60,56%	100,00%	2,0034	1	230,17
47	56,11%	100,00%	1,8598	1	228,68
48	51,11%	100,00%	1,7158	1	231,20
49	36,11%	100,00%	1,5627	1	230,66
50	25,00%	99,39%	1,4303	1	231,07
51	23,33%	96,71%	1,2704	1	234,69
52	35,00%	91,96%	1,1437	1	231,86
53	43,33%	88,51%	1,0453	1	228,31
54	63,33%	85,95%	0,9788	0	228,32
55	80,00%	79,43%	0,9241	0	230,08

Anexo 3.8 – Indicadores de desempenho para o cenário 5 - distúrbio (produtor 2)

Desempenho Produtor 2						
Período	Indicador de desempenho					
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%	0,00%		0	288,20
2	93,33%	5,91%	59,18%	0,8170	0	661,47
3	86,67%	5,93%	58,91%	0,8529	0	661,77
4	86,67%	5,92%	58,29%	0,8528	0	661,14
5	93,33%	6,39%	57,97%	0,8509	0	637,32
6	96,67%	6,16%	58,42%	0,8173	0	649,43
7	90,00%	5,91%	58,95%	0,8348	0	661,80
8	90,00%	6,17%	58,11%	0,8519	0	649,22
9	93,33%	6,11%	58,68%	0,8341	0	649,73
10	93,33%	6,19%	58,35%	0,8349	0	649,41
11	96,67%	6,37%	58,46%	0,8340	0	637,76
12	93,33%	5,97%	59,03%	0,8176	0	661,84
13	90,00%	6,18%	58,90%	0,8520	0	650,02
14	96,67%	6,35%	58,03%	0,8338	0	637,34
15	100,00%	6,36%	58,21%	0,8172	0	637,48
16	100,00%	6,33%	58,82%	0,8169	0	638,09
17	90,00%	5,72%	59,37%	0,8172	0	673,90
18	90,00%	6,35%	58,44%	0,8671	0	637,82
19	96,67%	6,13%	59,02%	0,8171	0	650,07
20	93,33%	6,15%	58,94%	0,8345	0	650,00
21	93,33%	6,12%	58,22%	0,8342	0	649,27
22	93,33%	6,13%	58,51%	0,8342	0	649,59
23	90,00%	5,95%	58,98%	0,8352	0	661,82
24	90,00%	6,16%	57,75%	0,8519	0	648,84
25	90,00%	5,99%	59,39%	0,8356	0	662,26
26	0,00%	24,63%	57,90%		0	648,00
27	3,33%	98,36%	58,91%	1,8036	1	676,35
28	1,67%	94,15%	57,94%	1,7715	1	662,54
29	3,33%	97,49%	58,19%	1,7881	1	652,02
30	1,67%	100,00%	58,74%	1,7703	1	652,55
31	0,00%	81,32%	58,56%	1,3167	1	676,33
32	90,00%	6,11%	58,46%	0,8513	0	649,58
33	96,67%	6,37%	58,23%	0,8340	0	397,29
34	0,00%	0,00%	0,00%		0	336,89
35	0,00%	6,14%	58,91%	1,8172	1	458,03
36	1,67%	0,20%	0,00%	2,8132	0	385,26
37	50,00%	6,37%	58,90%	2,8173	1	935,04
38	48,33%	6,07%	87,97%	2,8165	1	978,38
39	50,56%	6,32%	83,07%	2,8335	1	1324,09
40	50,00%	6,35%	64,07%	2,4172	2	905,62
41	10,00%	6,35%	73,85%	1,9338	1	915,00
42	1,67%	6,36%	80,56%	1,8173	1	1071,71
43	3,33%	6,33%	72,80%	1,5836	1	952,13
44	43,33%	6,34%	63,04%	1,2003	1	763,09
45	80,00%	6,34%	59,78%	0,9337	0	661,77
46	93,33%	6,16%	58,53%	0,8346	0	649,58
47	96,67%	6,37%	58,11%	0,8340	0	637,42
48	93,33%	5,87%	58,63%	0,8165	0	661,45
49	90,00%	6,17%	59,30%	0,8519	0	650,42
50	93,33%	6,15%	58,28%	0,8345	0	649,35
51	93,33%	6,17%	58,94%	0,8347	0	650,00
52	96,67%	6,34%	58,92%	0,8337	0	638,23
53	93,33%	5,92%	58,95%	0,8170	0	661,73
54	90,00%	6,18%	58,55%	0,8520	0	649,64
55	96,67%	6,37%	58,67%	0,8340	0	637,98

Anexo 3.9 – Indicadores de desempenho para o cenário 5 - distúrbio (produtor 3)

Desempenho Produtor 3					
Período	Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	100,00%	12,74%	0,8763	0	2986,44
2	100,00%	15,92%	0,8605	0	2961,61
3	100,00%	15,85%	0,8595	0	2802,46
4	100,00%	15,84%	0,8591	0	2777,52
5	100,00%	15,93%	0,8601	0	2827,70
6	100,00%	15,91%	0,8599	0	2816,27
7	100,00%	15,89%	0,8601	0	2798,52
8	100,00%	15,86%	0,8593	0	2812,83
9	100,00%	15,86%	0,8600	0	2807,49
10	100,00%	15,82%	0,8582	0	2807,48
11	100,00%	15,85%	0,8594	0	2831,60
12	100,00%	15,93%	0,8603	0	2794,15
13	100,00%	15,91%	0,8601	0	2823,61
14	100,00%	15,90%	0,8599	0	2815,50
15	100,00%	16,01%	0,8616	0	2820,86
16	100,00%	15,90%	0,8599	0	2820,86
17	100,00%	15,90%	0,8601	0	2780,74
18	100,00%	15,95%	0,8607	0	2815,46
19	100,00%	15,95%	0,8609	0	2823,56
20	100,00%	15,88%	0,8593	0	2802,10
21	100,00%	15,99%	0,8614	0	2802,11
22	100,00%	15,91%	0,8601	0	2802,10
23	100,00%	15,89%	0,8602	0	2788,73
24	100,00%	15,85%	0,8594	0	2791,37
25	100,00%	15,87%	0,8593	0	2778,05
26	100,00%	15,97%	0,8609	0	2248,05
27	100,00%	15,89%	0,8594	0	2100,25
28	100,00%	15,83%	0,8590	0	2086,81
29	100,00%	15,85%	0,8592	0	1939,12
30	100,00%	15,84%	0,8588	0	1952,45
31	98,50%	15,94%	0,8699	0	2166,85
32	97,55%	15,86%	0,9535	1	2179,26
33	97,55%	12,70%	0,9656	1	2030,55
34	95,18%	15,84%	0,9774	2	1791,50
35	95,18%	12,74%	0,9663	1	1615,92
36	95,28%	15,86%	1,0020	2	1535,17
37	95,28%	18,56%	1,0155	3	1552,07
38	95,19%	16,31%	0,9904	2	1414,49
39	92,74%	15,96%	1,0021	3	1486,61
40	94,62%	17,32%	1,0415	3	1838,50
41	96,23%	17,06%	0,9665	2	1869,65
42	97,06%	16,42%	0,9612	1	1869,36
43	97,47%	15,98%	0,9538	1	2072,62
44	97,55%	15,87%	0,9496	1	2257,29
45	97,55%	15,91%	0,9480	1	2372,51
46	97,55%	15,90%	0,9482	1	2415,52
47	97,55%	15,93%	0,9477	1	2477,18
48	97,55%	15,88%	0,9475	1	2504,15
49	97,22%	15,92%	0,9501	1	2576,60
50	97,23%	15,83%	0,9564	1	2603,38
51	97,23%	15,94%	0,9583	1	2657,12
52	97,23%	15,91%	0,9578	1	2724,19
53	97,23%	15,87%	0,9571	1	2729,72
54	97,23%	15,89%	0,9569	1	2753,78
55	97,23%	15,84%	0,9565	1	2804,71

Anexo 3.10 – Indicadores de desempenho para o cenário 5 - mitigação (fornecedor 2)

Desempenho Fornecedor 2					
Período	Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%		0	0,00
2	0,00%	0,00%		0	0,00
3	0,00%	0,00%		0	214,21
4	100,00%	78,23%	0,8930	0	225,63
5	100,00%	77,57%	0,8896	0	226,54
6	100,00%	76,96%	0,8866	0	227,36
7	100,00%	77,45%	0,8890	0	228,84
8	100,00%	81,07%	0,9072	0	226,24
9	100,00%	77,42%	0,8889	0	227,48
10	100,00%	77,30%	0,8883	0	228,29
11	100,00%	78,48%	0,8942	0	226,58
12	100,00%	78,91%	0,8963	0	228,73
13	100,00%	76,60%	0,8848	0	229,30
14	100,00%	78,85%	0,8961	0	227,41
15	100,00%	79,23%	0,8980	0	227,84
16	100,00%	77,43%	0,8889	0	228,28
17	100,00%	80,73%	0,9055	0	228,51
18	100,00%	80,30%	0,9033	0	228,10
19	100,00%	76,20%	0,8828	0	227,51
20	100,00%	78,07%	0,8922	0	229,47
21	100,00%	76,96%	0,8866	0	227,34
22	100,00%	77,87%	0,8912	0	225,76
23	100,00%	78,77%	0,8957	0	228,57
24	100,00%	78,57%	0,8947	0	229,92
25	100,00%	79,33%	0,8984	0	227,47
26	0,00%	99,63%		0	215,80
27	0,00%	100,00%		0	215,59
28	50,00%	100,00%	1,5018	1	246,95
29	50,00%	100,00%	1,5018	1	231,55
30	50,00%	100,00%	1,5018	1	230,78
31	50,00%	100,00%	1,5018	1	231,32
32	50,00%	100,00%	1,4482	2	245,07
33	0,00%	100,00%	1,2898	1	227,16
34	0,00%	98,78%	1,1713	1	230,98
35	20,00%	91,56%	1,0352	1	234,16
36	70,00%	82,32%	0,9314	0	232,01
37	100,00%	79,84%	0,9010	0	228,26
38	100,00%	78,58%	0,8947	0	225,51
39	100,00%	77,99%	0,8918	0	229,07
40	100,00%	79,84%	0,9010	0	228,25
41	100,00%	76,55%	0,8845	0	227,34
42	96,67%	79,95%	0,8981	0	228,61
43	96,67%	78,82%	0,8964	0	229,54
44	100,00%	78,20%	0,8928	0	224,98
45	100,00%	78,83%	0,8959	0	227,65
46	100,00%	77,70%	0,8903	0	226,52
47	100,00%	77,06%	0,8871	0	227,94
48	100,00%	78,71%	0,8954	0	227,55
49	100,00%	79,27%	0,8982	0	227,33
50	100,00%	80,22%	0,9029	0	227,23
51	100,00%	75,75%	0,8806	0	227,94
52	100,00%	77,43%	0,8890	0	229,33
53	100,00%	80,63%	0,9050	0	225,40
54	100,00%	78,06%	0,8921	0	227,16
55	100,00%	78,66%	0,8951	0	227,83

Anexo 3.11 – Indicadores de desempenho para o cenário 5 - mitigação (produtor 2 e 3)

Desempenho Produtor 2						Desempenho Produtor 3
Período	Indicador de desempenho					Indicador de desempenho
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%		0	288,20	2986,44
2	93,33%	5,91%	0,8170	0	661,47	2961,61
3	90,00%	6,13%	0,8515	0	649,48	2815,85
4	93,33%	6,16%	0,8346	0	649,22	2807,01
5	96,67%	6,30%	0,8333	0	636,63	2816,98
6	93,33%	5,99%	0,8178	0	661,74	2792,17
7	90,00%	6,16%	0,8518	0	649,53	2817,23
8	90,00%	6,00%	0,8358	0	661,26	2788,75
9	93,33%	6,39%	0,8509	0	637,68	2820,84
10	96,67%	6,18%	0,8176	0	649,69	2812,86
11	96,67%	6,36%	0,8339	0	637,28	2826,23
12	96,67%	6,19%	0,8177	0	649,39	2807,50
13	90,00%	5,91%	0,8526	0	673,45	2796,87
14	90,00%	6,33%	0,8669	0	637,73	2826,24
15	96,67%	6,14%	0,8171	0	649,93	2807,51
16	96,67%	6,33%	0,8336	0	638,10	2820,87
17	90,00%	5,67%	0,8166	0	674,05	2775,38
18	86,67%	6,18%	0,8693	0	650,47	2802,09
19	96,67%	6,38%	0,8341	0	637,48	2831,55
20	96,67%	6,16%	0,8174	0	649,81	2818,22
21	93,33%	6,17%	0,8347	0	649,34	2818,20
22	90,00%	5,90%	0,8347	0	661,74	2794,12
23	83,33%	5,69%	0,8539	0	673,85	2775,35
24	90,00%	6,36%	0,8672	0	637,68	2826,19
25	93,33%	5,93%	0,8171	0	661,32	2783,41
26	0,00%	24,63%		0	636,48	2248,04
27	3,33%	48,36%	1,2870	1	668,76	2113,60
28	0,00%	48,31%	1,2536	1	643,27	2086,81
29	3,33%	49,18%	1,2870	1	656,07	2113,53
30	0,00%	47,51%	1,2536	1	668,33	2100,14
31	1,67%	30,02%	1,0676	1	644,96	2514,63
32	86,67%	5,47%	0,8167	0	685,32	2590,13
33	83,33%	6,18%	0,8865	0	650,17	2662,47
34	90,00%	5,90%	0,8347	0	661,78	2654,51
35	90,00%	6,20%	0,8523	0	649,59	2726,90
36	96,67%	6,36%	0,8339	0	638,08	2820,79
37	90,00%	5,76%	0,8176	0	673,79	2775,38
38	90,00%	6,29%	0,8665	0	637,35	2815,48
39	100,00%	6,33%	0,8169	0	637,44	2820,87
40	93,33%	5,93%	0,8172	0	661,49	2788,78
41	86,67%	5,95%	0,8531	0	661,51	2799,46
42	93,33%	6,38%	0,8507	0	638,24	2820,86
43	93,33%	5,88%	0,8167	0	661,43	2794,14
44	93,33%	6,38%	0,8507	0	638,12	2826,23
45	100,00%	6,37%	0,8174	0	637,85	2820,86
46	100,00%	6,34%	0,8170	0	638,30	2831,58
47	93,33%	5,89%	0,8168	0	661,95	2799,51
48	93,33%	6,37%	0,8507	0	637,08	2815,45
49	100,00%	6,31%	0,8167	0	637,42	2826,21
50	96,67%	6,12%	0,8169	0	649,59	2807,49
51	96,67%	6,35%	0,8338	0	636,98	2831,59
52	100,00%	6,39%	0,8175	0	637,39	2826,21
53	93,33%	5,93%	0,8171	0	660,91	2778,02
54	83,33%	5,73%	0,8543	0	672,92	2791,46
55	86,67%	6,16%	0,8691	0	650,07	2807,49

Anexo 3.12 – Indicadores de desempenho para o cenário 6 - distúrbio (produtor 1)

Período	Desempenho Produtor 1				
	Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	100,00%	12,74%	0,8764	0	565,81
2	99,92%	15,84%	0,8599	0	547,15
3	99,83%	15,93%	0,8627	0	495,12
4	99,92%	15,88%	0,8607	0	443,08
5	99,92%	15,91%	0,8606	0	391,05
6	99,75%	15,84%	0,8616	0	338,99
7	99,92%	15,87%	0,8602	0	371,10
8	99,83%	15,91%	0,8620	0	435,34
9	99,75%	15,89%	0,8632	0	413,62
10	100,00%	15,90%	0,8599	0	361,59
11	99,75%	15,85%	0,8616	0	309,55
12	99,67%	15,85%	0,8626	0	331,38
13	99,75%	15,89%	0,8620	0	397,88
14	99,83%	15,92%	0,8619	0	415,45
15	99,92%	15,86%	0,8605	0	362,84
16	99,75%	15,92%	0,8628	0	310,21
17	99,92%	15,90%	0,8606	0	351,81
18	99,83%	15,91%	0,8614	0	386,93
19	99,83%	15,91%	0,8620	0	415,32
20	99,75%	15,93%	0,8634	0	362,78
21	99,92%	15,86%	0,8604	0	310,16
22	99,92%	15,90%	0,8608	0	341,71
23	99,75%	15,92%	0,8624	0	397,73
24	99,67%	15,89%	0,8632	0	415,34
25	99,83%	15,89%	0,8609	0	362,74
26	0,00%	0,00%		0	295,37
27	49,38%	6,36%	8,2064	41	406,15
28	49,38%	6,36%	8,2072	41	437,30
29	49,38%	6,38%	8,2081	41	476,38
30	49,38%	6,34%	8,2076	41	423,82
31	62,43%	18,75%	4,9748	69	384,95
32	90,32%	15,91%	1,1766	4	334,99
33	93,03%	15,99%	1,1406	3	392,35
34	93,26%	15,92%	1,0850	3	415,32
35	93,11%	15,93%	1,0869	3	362,77
36	93,01%	15,91%	1,0864	3	310,15
37	93,18%	15,89%	1,0846	3	348,42
38	92,94%	15,88%	1,0875	3	386,93
39	93,10%	15,95%	1,0873	3	415,33
40	93,18%	15,81%	1,0832	3	362,74
41	93,01%	15,93%	1,0871	3	310,15
42	92,93%	15,93%	1,0880	3	355,17
43	93,02%	15,86%	1,0857	3	381,53
44	93,26%	15,92%	1,0849	3	415,34
45	93,10%	15,87%	1,0855	3	362,77
46	93,18%	15,88%	1,0852	3	310,15
47	93,18%	15,85%	1,0846	3	334,96
48	93,18%	15,91%	1,0850	3	397,71
49	93,19%	15,98%	1,0861	3	415,34
50	93,02%	15,91%	1,0867	3	362,76
51	93,26%	15,95%	1,0843	3	310,17
52	93,01%	15,93%	1,0875	3	351,81
53	92,94%	15,94%	1,0885	3	370,73
54	93,18%	15,90%	1,0849	3	415,30
55	93,04%	15,90%	1,0867	3	362,73

Anexo 3.13 – Indicadores de desempenho para o cenário 6 - distúrbio (produtor 2 e 3)

Período	Desempenho Produtor 2						Desempenho Produtor 3
	Indicador de desempenho						Indicador de desempenho
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%	0,00%		0	288,20	2986,44
2	93,33%	5,91%	59,18%	0,8170	0	661,47	2961,61
3	86,67%	5,93%	58,91%	0,8529	0	661,77	2802,46
4	86,67%	5,92%	58,29%	0,8528	0	661,14	2777,52
5	93,33%	6,39%	57,97%	0,8509	0	637,32	2827,70
6	96,67%	6,16%	58,42%	0,8173	0	649,43	2816,27
7	90,00%	5,93%	59,02%	0,8350	0	661,86	2803,90
8	90,00%	6,16%	58,17%	0,8518	0	649,28	2818,21
9	93,33%	6,11%	58,69%	0,8341	0	649,74	2807,49
10	93,33%	6,19%	58,49%	0,8349	0	649,55	2818,22
11	96,67%	6,34%	58,28%	0,8337	0	637,59	2831,60
12	93,33%	5,95%	58,74%	0,8174	0	661,54	2794,15
13	90,00%	6,19%	58,87%	0,8522	0	649,99	2818,24
14	96,67%	6,33%	58,32%	0,8336	0	637,62	2810,14
15	100,00%	6,31%	57,79%	0,8167	0	637,06	2820,87
16	100,00%	6,30%	58,67%	0,8166	0	637,94	2826,23
17	90,00%	5,72%	59,41%	0,8172	0	673,96	2786,10
18	90,00%	6,32%	58,50%	0,8669	0	637,87	2815,46
19	100,00%	6,33%	58,43%	0,8169	0	637,70	2826,19
20	96,67%	6,17%	58,42%	0,8174	0	649,44	2818,22
21	93,33%	6,15%	57,93%	0,8345	0	648,99	2796,72
22	93,33%	6,10%	58,93%	0,8340	0	650,01	2802,09
23	90,00%	5,97%	58,98%	0,8354	0	661,83	2799,46
24	90,00%	6,17%	57,96%	0,8520	0	649,06	2807,48
25	93,33%	6,21%	58,80%	0,8352	0	649,90	2791,41
26	86,67%	5,72%	58,28%	0,8357	0	624,57	2780,69
27	0,00%	0,64%	0,00%	1,8172	0	529,01	2414,37
28	0,00%	6,35%	59,17%	1,8171	1	878,77	2430,34
29	0,00%	6,37%	58,15%	1,8174	1	877,75	2424,98
30	0,00%	6,12%	58,43%	1,8170	1	889,78	2390,14
31	1,67%	6,15%	58,40%	1,8345	1	938,11	2395,50
32	1,67%	6,18%	94,03%	1,8348	1	938,16	2395,46
33	1,67%	6,29%	82,83%	1,8332	1	1337,02	2424,97
34	0,00%	6,36%	58,30%	1,3172	1	638,64	2815,35
35	96,67%	6,12%	58,11%	0,8169	0	649,13	2791,38
36	93,33%	6,13%	58,40%	0,8342	0	649,44	2818,20
37	96,67%	6,33%	57,99%	0,8336	0	637,28	2815,49
38	93,33%	5,94%	58,58%	0,8172	0	661,38	2810,21
39	90,00%	6,10%	57,90%	0,8512	0	648,98	2796,76
40	96,67%	6,39%	58,33%	0,8342	0	637,65	2820,86
41	100,00%	6,46%	58,68%	0,8182	0	637,96	2810,13
42	96,67%	6,14%	58,83%	0,8171	0	649,87	2818,21
43	93,33%	6,11%	58,69%	0,8340	0	649,78	2802,13
44	93,33%	6,18%	58,23%	0,8348	0	649,30	2807,47
45	93,33%	6,12%	58,37%	0,8342	0	649,46	2796,75
46	96,67%	6,37%	58,23%	0,8340	0	637,55	2826,21
47	100,00%	6,36%	58,00%	0,8172	0	637,27	2820,88
48	96,67%	6,14%	58,06%	0,8171	0	649,08	2807,51
49	96,67%	6,42%	58,92%	0,8345	0	638,24	2820,86
50	96,67%	6,18%	58,07%	0,8176	0	649,10	2807,44
51	93,33%	6,18%	58,30%	0,8348	0	649,36	2818,25
52	90,00%	5,93%	58,58%	0,8350	0	661,42	2794,08
53	90,00%	6,11%	57,96%	0,8513	0	649,07	2823,60
54	96,67%	6,39%	58,95%	0,8342	0	638,26	2820,87
55	96,67%	6,19%	58,72%	0,8177	0	649,76	2802,14

Anexo 3.14 – Indicadores de desempenho para o cenário 6 - mitigação (produtor 1)

Período	Desempenho Produtor 1				
	Indicador de desempenho				
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	100,00%	12,74%	0,8764	0	565,81
2	99,92%	15,84%	0,8599	0	547,15
3	99,83%	15,93%	0,8627	0	495,12
4	99,92%	15,88%	0,8607	0	443,08
5	99,92%	15,91%	0,8606	0	391,05
6	99,75%	15,84%	0,8616	0	338,99
7	99,92%	15,87%	0,8602	0	371,10
8	99,83%	15,91%	0,8620	0	435,34
9	99,75%	15,89%	0,8632	0	413,62
10	100,00%	15,90%	0,8599	0	361,59
11	99,75%	15,85%	0,8616	0	309,55
12	99,67%	15,85%	0,8626	0	331,38
13	99,75%	15,89%	0,8620	0	397,88
14	99,83%	15,92%	0,8619	0	415,45
15	99,92%	15,86%	0,8605	0	362,84
16	99,75%	15,92%	0,8628	0	310,21
17	99,92%	15,90%	0,8606	0	351,81
18	99,83%	15,91%	0,8614	0	386,93
19	99,83%	15,91%	0,8620	0	415,32
20	99,75%	15,93%	0,8634	0	362,78
21	99,92%	15,86%	0,8604	0	310,16
22	99,92%	15,90%	0,8608	0	341,71
23	99,75%	15,92%	0,8624	0	397,73
24	99,67%	15,89%	0,8632	0	415,34
25	99,83%	15,89%	0,8609	0	362,74
26	75,00%	12,70%	1,1093	10	310,40
27	75,00%	12,70%	1,1091	10	335,21
28	75,00%	12,73%	1,1091	10	408,77
29	75,00%	12,74%	1,1104	10	415,59
30	75,00%	12,73%	1,1102	10	362,98
31	99,58%	15,88%	0,8640	0	310,15
32	99,75%	15,96%	0,8635	0	345,06
33	99,75%	15,91%	0,8623	0	397,70
34	99,67%	15,88%	0,8632	0	415,32
35	99,83%	15,91%	0,8619	0	362,76
36	99,83%	15,89%	0,8612	0	310,15
37	99,83%	15,90%	0,8615	0	348,43
38	99,92%	15,84%	0,8599	0	392,33
39	99,50%	15,93%	0,8658	0	415,35
40	99,92%	15,83%	0,8591	0	362,76
41	99,58%	15,91%	0,8646	0	310,17
42	99,83%	15,89%	0,8616	0	355,17
43	99,67%	15,92%	0,8636	0	386,94
44	99,67%	15,95%	0,8640	0	415,33
45	99,83%	15,83%	0,8606	0	362,76
46	99,83%	15,92%	0,8623	0	310,17
47	99,92%	15,90%	0,8612	0	334,97
48	100,00%	15,92%	0,8601	0	392,32
49	99,83%	15,82%	0,8601	0	415,34
50	99,83%	15,87%	0,8609	0	362,76
51	99,83%	15,97%	0,8621	0	310,18
52	100,00%	15,93%	0,8604	0	351,80
53	99,58%	15,95%	0,8650	0	365,33
54	99,75%	15,93%	0,8627	0	415,29
55	99,92%	15,86%	0,8601	0	362,73

Anexo 3.15 – Indicadores de desempenho para o cenário 2 - distúrbio (produtor 2)

Desempenho Produtor 2						
Período	Indicador de desempenho					
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%	0,00%		0	288,20
2	96,67%	6,12%	58,67%	1,0000	0	649,23
3	93,33%	6,13%	58,67%	1,0141	0	649,75
4	96,67%	6,36%	58,56%	1,0136	0	637,86
5	100,00%	6,33%	58,58%	1,0000	0	637,84
6	96,67%	6,11%	59,21%	1,0000	0	650,22
7	93,33%	6,21%	58,14%	1,0141	0	649,21
8	86,67%	5,74%	59,07%	1,0151	0	673,64
9	86,67%	6,11%	58,66%	1,0563	0	661,60
10	90,00%	6,12%	57,79%	1,0282	0	648,88
11	90,00%	5,88%	58,53%	1,0146	0	661,37
12	86,67%	5,89%	59,12%	1,0292	0	661,96
13	93,33%	6,33%	57,38%	1,0273	0	636,71
14	96,67%	6,15%	58,32%	1,0000	0	649,36
15	93,33%	6,21%	58,48%	1,0141	0	649,58
16	96,67%	6,38%	58,14%	1,0136	0	637,44
17	100,00%	6,34%	58,88%	1,0000	0	638,15
18	96,67%	6,19%	58,70%	1,0000	0	649,73
19	96,67%	6,41%	59,08%	1,0136	0	638,40
20	96,67%	6,15%	58,88%	1,0000	0	649,91
21	86,67%	5,69%	58,04%	1,0151	0	672,62
22	90,00%	6,32%	59,18%	1,0407	0	638,54
23	100,00%	6,35%	58,65%	1,0000	0	637,92
24	96,67%	6,15%	58,39%	1,0000	0	649,43
25	96,67%	6,43%	58,75%	1,0136	0	638,07
26	33,33%	2,13%	82,06%	1,0000	0	597,29
27	0,00%	0,00%	98,00%		0	813,60
28	33,33%	4,21%	100,00%	2,8168	1	1206,02
29	16,67%	2,13%	100,00%	2,8175	0	1235,39
30	44,44%	4,27%	100,00%	3,8176	1	1539,80
31	24,44%	2,31%	100,00%	3,6348	1	1508,17
32	58,61%	5,30%	100,00%	4,1973	1	1934,15
33	66,39%	6,34%	97,74%	3,7535	2	1678,17
34	57,78%	6,34%	93,75%	2,9989	2	1376,01
35	53,89%	6,37%	91,53%	2,3115	1	1200,71
36	33,33%	6,34%	78,96%	1,7658	1	1065,55
37	36,67%	6,36%	59,80%	1,2997	1	753,89
38	90,00%	6,33%	58,17%	1,0408	0	637,53
39	93,33%	5,90%	58,79%	1,0000	0	661,58
40	90,00%	6,16%	59,66%	1,0282	0	650,78
41	96,67%	6,37%	58,52%	1,0137	0	637,83
42	96,67%	6,11%	58,05%	1,0000	0	649,06
43	90,00%	5,90%	58,89%	1,0146	0	661,70
44	90,00%	6,17%	58,66%	1,0282	0	649,73
45	90,00%	5,99%	59,39%	1,0146	0	662,27
46	93,33%	6,37%	58,34%	1,0272	0	637,68
47	100,00%	6,36%	58,55%	1,0000	0	637,82
48	93,33%	5,95%	58,60%	1,0000	0	661,36
49	90,00%	6,18%	58,76%	1,0282	0	649,86
50	93,33%	6,11%	57,91%	1,0141	0	648,97
51	96,67%	6,38%	58,28%	1,0136	0	637,59
52	96,67%	6,12%	58,21%	1,0000	0	649,25
53	93,33%	6,10%	58,73%	1,0141	0	649,79
54	90,00%	5,98%	59,18%	1,0146	0	662,03
55	93,33%	6,31%	58,73%	1,0272	0	638,05

Anexo 3.16 – Indicadores de desempenho para o cenário 2 - distúrbio (produtor 3)

Desempenho Produtor 3						
Período	Indicador de desempenho					
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)
1	100,00%	12,69%	35,54%	1,0000	0	2986,44
2	100,00%	15,85%	35,50%	1,0000	0	2974,95
3	100,00%	15,88%	35,58%	1,0000	0	2815,84
4	100,00%	15,84%	35,54%	1,0000	0	2825,72
5	100,00%	15,92%	35,64%	1,0000	0	2806,25
6	100,00%	15,95%	35,54%	1,0000	0	2805,51
7	100,00%	15,85%	35,59%	1,0000	0	2817,24
8	100,00%	15,86%	35,59%	1,0000	0	2764,64
9	100,00%	15,86%	35,56%	1,0000	0	2804,82
10	100,00%	15,88%	35,61%	1,0000	0	2812,87
11	100,00%	15,94%	35,61%	1,0000	0	2794,12
12	100,00%	15,88%	35,62%	1,0000	0	2788,77
13	100,00%	15,89%	35,62%	1,0000	0	2826,26
14	100,00%	15,92%	35,62%	1,0000	0	2812,90
15	100,00%	15,85%	35,58%	1,0000	0	2802,14
16	100,00%	15,79%	35,54%	1,0000	0	2831,57
17	100,00%	15,88%	35,62%	1,0000	0	2826,25
18	100,00%	15,90%	35,55%	1,0000	0	2812,84
19	100,00%	15,89%	35,64%	1,0000	0	2826,25
20	100,00%	15,98%	35,55%	1,0000	0	2807,48
21	100,00%	15,91%	35,58%	1,0000	0	2780,75
22	100,00%	15,82%	35,58%	1,0000	0	2836,95
23	100,00%	15,89%	35,62%	1,0000	0	2831,62
24	100,00%	15,91%	35,57%	1,0000	0	2796,76
25	100,00%	15,86%	35,58%	1,0000	0	2788,65
26	100,00%	15,84%	35,58%	1,0000	0	2558,80
27	100,00%	15,81%	35,65%	1,0000	0	2168,38
28	100,00%	15,93%	35,64%	1,0000	0	2018,44
29	100,00%	15,89%	35,57%	1,0000	0	1761,68
30	100,00%	15,84%	35,59%	1,0000	0	1622,53
31	99,67%	15,92%	35,56%	1,0022	0	1411,19
32	36,75%	7,84%	13,03%	1,0000	0	1475,87
33	55,02%	17,46%	40,19%	4,5274	34	2040,17
34	80,22%	22,36%	53,33%	3,0266	36	2315,66
35	98,19%	15,90%	35,70%	1,0561	1	2354,39
36	98,19%	15,83%	35,55%	1,0560	1	2566,64
37	98,19%	15,79%	35,66%	1,0561	1	2769,95
38	98,19%	15,93%	35,55%	1,0561	1	2831,56
39	98,19%	15,87%	35,55%	1,0562	1	2799,48
40	98,19%	15,87%	35,58%	1,0561	1	2796,74
41	98,19%	15,93%	35,57%	1,0561	1	2810,12
42	98,19%	15,85%	35,62%	1,0560	1	2818,25
43	98,19%	15,92%	35,61%	1,0562	1	2799,51
44	98,19%	15,86%	35,58%	1,0560	1	2807,47
45	98,19%	15,94%	35,58%	1,0561	1	2783,36
46	98,19%	15,92%	35,52%	1,0561	1	2820,79
47	98,19%	15,87%	35,57%	1,0561	1	2836,93
48	98,19%	15,83%	35,64%	1,0560	1	2804,88
49	98,19%	15,88%	35,60%	1,0561	1	2812,85
50	98,19%	15,88%	35,57%	1,0561	1	2796,74
51	98,19%	15,85%	35,62%	1,0561	1	2810,13
52	98,19%	15,87%	35,63%	1,0561	1	2802,16
53	98,19%	15,87%	35,60%	1,0561	1	2823,60
54	98,19%	15,84%	35,59%	1,0560	1	2794,13
55	98,19%	15,90%	35,52%	1,0560	1	2820,82

Anexo 3.17 – Indicadores de desempenho para o cenário 2 - mitigação (produtor 2 e 3)

Período	Desempenho Produtor 2						Desempenho Produtor 3
	Indicador de desempenho						Indicador de desempenho
	% Cumprimento data devida (%)	% Utilização processo (Entrega) (%)	% Utilização processo (Produção) (%)	Rácio (prazo entrega real e prazo entrega prometido)	Nº encomendas entregues com atraso (Unid.)	Custo total (UM)	Custo total (UM)
1	0,00%	0,00%	0,00%		0	288,20	2986,46
2	93,33%	5,90%	58,65%	1,0000	0	660,94	2961,61
3	93,33%	6,37%	58,22%	1,0272	0	637,57	2829,21
4	96,67%	6,13%	58,84%	1,0000	0	649,85	2806,99
5	93,33%	6,08%	58,80%	1,0140	0	649,86	2808,97
6	93,33%	6,12%	58,72%	1,0141	0	649,77	2789,42
7	90,00%	5,94%	57,77%	1,0146	0	660,59	2787,74
8	93,33%	6,37%	58,16%	1,0273	0	637,50	2820,84
9	96,67%	6,17%	58,33%	1,0000	0	649,34	2818,22
10	93,33%	6,16%	59,83%	1,0281	0	662,70	2799,49
11	86,67%	5,94%	58,87%	1,0292	0	661,74	2788,74
12	90,00%	6,12%	58,28%	1,0282	0	649,38	2818,24
13	93,33%	6,10%	59,17%	1,0140	0	650,21	2791,38
14	90,00%	5,95%	59,37%	1,0146	0	662,21	2810,22
15	93,33%	6,35%	58,81%	1,0272	0	638,15	2826,26
16	100,00%	6,34%	58,10%	1,0000	0	637,36	2820,85
17	96,67%	6,17%	58,55%	1,0000	0	649,61	2812,87
18	96,67%	6,34%	57,91%	1,0136	0	637,22	2831,60
19	100,00%	6,37%	58,87%	1,0000	0	638,13	2826,23
20	100,00%	6,35%	58,33%	1,0000	0	637,60	2826,23
21	93,33%	5,96%	59,04%	1,0000	0	661,85	2794,08
22	93,33%	6,31%	59,21%	1,0409	0	650,30	2802,09
23	93,33%	6,13%	58,88%	1,0141	0	649,96	2818,18
24	93,33%	6,15%	58,57%	1,0141	0	649,64	2796,75
25	93,33%	6,17%	58,72%	1,0141	0	649,81	2812,83
26	33,33%	2,36%	82,50%	1,0747	0	597,70	2564,16
27	0,00%	0,00%	97,53%		0	785,20	2157,60
28	33,33%	5,69%	98,65%	2,5576	1	1326,64	2117,36
29	38,33%	6,33%	98,94%	2,5669	1	1217,61	2119,96
30	36,67%	6,36%	99,81%	2,5339	1	1217,61	2149,45
31	35,00%	6,41%	94,34%	2,3935	1	1244,81	2251,07
32	36,67%	6,40%	85,63%	1,9980	1	1120,82	2473,08
33	28,33%	6,41%	65,01%	1,4860	1	903,69	2700,41
34	70,00%	6,32%	58,98%	1,1361	0	661,24	2812,83
35	93,33%	6,19%	59,14%	1,0141	0	650,21	2807,49
36	96,67%	6,33%	58,77%	1,0136	0	638,07	2826,19
37	100,00%	6,37%	58,27%	1,0000	0	637,54	2799,40
38	96,67%	6,15%	58,60%	1,0000	0	649,61	2796,74
39	93,33%	6,15%	58,65%	1,0141	0	649,70	2812,89
40	96,67%	6,32%	57,78%	1,0136	0	637,08	2815,49
41	96,67%	6,17%	58,51%	1,0000	0	649,54	2791,37
42	93,33%	6,08%	58,57%	1,0141	0	649,61	2812,86
43	93,33%	6,13%	58,25%	1,0141	0	649,30	2807,49
44	93,33%	6,14%	57,96%	1,0141	0	649,04	2796,76
45	96,67%	6,41%	57,78%	1,0136	0	637,08	2826,21
46	96,67%	6,17%	58,96%	1,0000	0	650,00	2807,45
47	93,33%	6,12%	58,89%	1,0140	0	649,97	2818,24
48	96,67%	6,35%	58,14%	1,0136	0	637,43	2836,98
49	96,67%	6,23%	57,79%	1,0000	0	648,85	2812,89
50	93,33%	6,14%	58,55%	1,0141	0	649,60	2807,45
51	93,33%	6,17%	58,84%	1,0141	0	649,89	2807,50
52	93,33%	6,09%	58,39%	1,0140	0	649,44	2812,86
53	90,00%	5,90%	58,97%	1,0146	0	661,81	2788,72
54	86,67%	5,87%	59,14%	1,0292	0	662,00	2794,09
55	93,33%	6,31%	59,02%	1,0273	0	638,36	2836,96